# BIOAKUMULASI PAPARAN LOGAM BERAT CADMIUM (Cd) PADA DAGING IKAN LELE (*Clarias* sp.)

## SKRIPSI

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

**Disusun Oleh :**

**IRMA LAILATUL MUTOHAROH**
**H71215018**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI**
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL**
**SURABAYA**
**2019**

# PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan diawah ini:

| | |
|---|---|
| Nim | : Irma Lailatul Mutoharoh |
| Nim | : H71215018 |
| Program Studi | : Biologi |
| Angkatan | : 2015 |

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: **BIOAKUMULASI PAPARAN LOGAM BERAT CADMIUM (Cd) PADA DAGING IKAN LELE (*Clarias* sp.).** Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 02 Januari 2020

Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL

TGL. 20

0A37DADF045666103

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Irma Lailatul Mutoharoh

NIM H71215018

# LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : Irma Lailatul Mutoharoh

NIM : H71215018

JUDUL : Bioakumulasi Paparan Logam Berat Cadmium (Cd) pada Daging Ikan Lele (*Clarias* sp.)

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 30 Desember 2019

Dosen Pembimbing I

Moch. Irfan Hadi, S.KM., M.KL.
NIP. 198604242014031003

Dosen Pembimbing II

Yuanita Rachmawati, M.Sc.
NIP. 198808192019032009

# PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Irma Lailatul Mutoharoh ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 30 Desember 2019

Mengesahkan
Dewan Penguji

Penguji I

Dr. Moch. Irfan Hadi, S.KM., M.KL.
NIP. 198604242014031003

Penguji II

Yuanita Rachmawati, M.Sc.
NIP. 198808192019032009

Penguji III

Mei Lina Fitri Kumalasari, S.ST., M.Kes.
NIP.198805182014032002

Penguji IV

Saiful Bahri, M.Si.
NIP. 1988020201801002

Mengetahui,
Dewan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Purwanti, M.Ag.
NIP. 196512211990022001

**KEMENTERIAN AGAMA**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**
**PERPUSTAKAAN**
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : IRMA LAILATUL MUTOHAROH
NIM : H71215018
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/BIOLOGI
E-mail address : irmamutoharoh26@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
▬ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

BIOAKUMULASI PAPARAN LOGAM BERAT CADMIUM (Cd) PADA DAGING IKAN LELE (*Clarias* sp.)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 6 Januari 2020

Penulis

(IRMA LAILATUL MUTOHAROH)

# ABSTRAK


## BIOAKUMULASI PAPARAN LOGAM BERAT CADMIUM (Cd) PADA DAGING IKAN LELE (*Clarias* sp.)

Pencemaran lingkungan khususnya pada perairan banyak disebabkan oleh logam berat, salah satunya adalah Cadmium (Cd). Konsentrasi logam berat yang melebihi ambang batas dapat mengganggu organisme akuatik dan menimbulkan kerusakan organ hingga menyebabkan kematian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan logam berat Cadmium (Cd) pada berbagai konsentrasi terhadap kadar bioakumulasi di dalam daging ikan lele (*Clarias* sp.). Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan desain penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan 4 perlakuan konsentrasi Cadmium (Cd) yaitu 0 mg/kg; 0,001 mg/kg; 0,1 mg/kg; dan 1 mg/kg. Kemudian data yang didapatkan dianalisis menggunakan SPSS 16 dengan uji Kruskal Wallis. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa hasil rerata akumulasi pada perlakuan 1 sebesar 0.03 mg/kg; perlakuan 2 sebesar 0.0432 mg/kg; dan perlakuan 3 sebesar 0.0621 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa daging ikan lele (*Clarias* sp.) terakumulasi oleh Cadmium (Cd) namun dengan kadar konsentrasi yang masih di bawah ambang batas dan dapat ditolerir. Kadar maksimum dari Cadmium (Cd) yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009 adalah sebesar 0,1 mg/kg.



***Kata Kunci**: Logam Berat, Cadmium (Cd), Ikan lele (Clarias sp.), Akumulasi*





digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# ABSTRACT

## BIOACCUMULATION OF CADMIUM (Cd) HEAVY METAL EXPOSURE IN FISH LELE MEAT (*Clarias* sp.)

Environmental pollution mostly by heavy metals, one of which is Cadmium (Cd). Heavy metal concentrations that exceed the threshold that can be imposed on the aquatic body and cause damage to organs due to causing death. Cadmium (Cd) about variations in bioaccumulation levels in catfish meat (*Clarias* sp.) The type of research used was experimental with a completely randomized design (RAL) research design using 4 Cadmium (Cd) composition arrangements, namely 0 mg/kg; 0.001 mg/kg; 0.1 mg/kg; and 1 mg/kg. Then the data obtained were analyzed using SPSS 16 with the Kruskal Wallis test. The results obtained show the average results obtained at administration 1 of 0.03 mg/kg; benefit 2 of 0.0432 mg/kg; and treatment 3 is 0.0621 mg/kg. Catfish (*Clarias* sp.) Meat accumulated by Cadmium (Cd) but with a concentration that is still below the threshold and can be tolerated. The maximum content of Cadmium (Cd) determined by SNI 7387: 2009 is 0.1 mg/kg.

***Keywords:*** *Heavy Metal, Cadmium (Cd), Catfish (Clarias sp.), Accumulation*



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# DAFTAR ISI

Halaman Judul ..... i
Halaman Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah ..... ii
Halaman Persetujuan Pembimbing ..... iii
Lembaran Pengesahan ..... iv
Lembaran Publikasi ..... v
Abstrak ..... vi
Daftar Isi ..... xiv
Daftar Tabel ..... xv
Daftar Gambar ..... xvi
Daftar Lampiran ..... xvii
**Bab I Pendahuluan** ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 8
1..3 Tujuan ..... 8
1.4 Batasan Masalah ..... 8
1.5 Manfaat ..... 9
**Bab II Kajian Pustaka** ..... 10
2.1 Ikan Lele (*Clarias* Sp.) ..... 10
2.1.1 Habitat Ikan Lele (*Clarias* sp.) ..... 11
2.1.2 Kelebihan Ikan Lele (*Clarias* sp.) ..... 12
2.2 Parameter Kualitas Air ..... 12
2.2.1 Kadar pH (Derajat Keasaman) ..... 13
2.2.2 Suhu ..... 14
2.2.3 Oksigen Terlarut ..... 15
2.3 Logam Berat ..... 15
2.4 Cadmium (Cd) ..... 16
2.4.1 Karakteristik Cadmium (Cd) ..... 16
2.4.2 Cadmium (Cd) Digunakan pada Industri ..... 17
2.4.3 Mekanisme Toksisitas pada Cadmium (Cd) ..... 18
2.4.4 Bioakumulasi Cadmium (Cd) ..... 19



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4.5 Biotransformasi dan Metabolisme Cadmium (Cd) ..... 20
2.4.6 Biomagnifikasi ..... 20
2.5 *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) ..... 22
2.5.1 Sumber Cahaya ..... 23
2.5.2 Pengabutan dan Pembakaran ..... 24
2.5.3 Monokromator ..... 24
2.5.4 Detektor ..... 25
2.5.5 Amplifer dan Pembacaan ..... 25
2.5.6 Keunggulan *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) ..... 25
a. Kepekatan (Sensivitas ) ..... 25
b. Selektivitas ..... 26
c. Ketelitian dan Ketepatan ..... 26
2.5.7 Kelemahan *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) ..... 26
**Bab III Metode Penelitian** ..... 27
3.1 Rancangan Penelitian ..... 27
3.2 Waktu dan Lokasi ..... 27
3.3 Bahan dan Alat Penelitian ..... 28
a. Bahan Penelitian ..... 28
b. Alat Penelitian ..... 28
3.4 Variabel Penelitian ..... 28
a. Variabel Bebas ..... 28
b. Variabel Terikat ..... 29
c. Variabel Kontrol ..... 29
d. Variabel Moderator ..... 29
3.5 Prosedur Penelitian ..... 29
3.6 Analisis Data ..... 37
**Bab IV Hasil dan Pembahasan** ..... 38
4.1 Hasil Pengujian AAS ..... 38
4.2 Pertumbuhan Ikan Lele ..... 43
4.3 Tingkat Kelangsungan Hidup (100%) ..... 46
4.4 Prosedur Penelitian yang Diukur ..... 47



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

**Bab V Penutup** ..... 51
5.1 Simpulan ..... 51
5.2 Saran..... 51
**Daftar Pustaka**..... 52
**Lampiran** ..... 63



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen Gizi Ikan (*Clarias* sp.)..... 12
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian..... 26
Tabel 4.1 Hasil Uji *Atomic Absorbtion Spectrophotometric* (AAS)..... 37
Tabel 4.2 Hasil Pertumbuhan Panjang Mutlak ..... 42
Tabel 4.3 Hasil Berat Badan Mutlak..... 44
Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Kondisi Optimum ..... 47



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ikan lele (*Clarias* sp.) ..... 11
Gambar 2.2 Cadmium ($CdsO_4$) ..... 16
Gambar 2.3Alat *Atomic Absorbtion Spectrophotometric* (AAS) ..... 21
Gambar 2.4 Skema Kerja *Atomic Absorbtion Spectrophotometric* (AAS) ..... 22
Gambar 3.1 Kolam Pembudidayaan Ikan Lele ..... 28
Gambar 3.2 Pembedahan Ikan Lele ..... 33
Gambar 3.3 *Muffel Furnace* ..... 34
Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Panjang Mutlak ..... 43
Gambar 4.2 Grafik Berat Badan Mutlak ..... 44
Gambar 4.3 Grafik Kelagsungan Hidup ..... 45



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pembuatan Larutan Uji ..... 63
Lampiran 2 Penghitungan konsentrasi logam berat Cadmium (Cd) ..... 64
Lampiran 3.Penghitungan Statistik AAS ..... 65
Lampiran 4 Penghitungan Hasil Batas Maksismum Cemaran (Cd) ..... 66
Lampiran 5 Penghitungan Statistik ..... 66
Lampiran 6 Penghingan Rumus Federer ..... 67
Lampiran 7 Hasil Uji *Atomic Absorbtion Spectrophotometric* (AAS) ..... 68



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Logam berat termasuk salah satu penyebab pencemaran lingkungan. Logam berat merupakan nama yang diberikan pada unsur metal toksik karena memiliki densitas atau masa atom yang berat (Pasaribu *et al.* 2017). Logam berat, termasuk diantaranya Timbal (Pb), Cadmium (Cd), Mangan (Mn), dan Arsen (As) merupakan konstituen yang secara alamiah dapat ditemukan pada kerak bumi (Fan *et al*. 2017). Namun pembentukan logam berat secara alami juga diikuti dengan dekomposisi menjadi bentuk lain yang terlarut atau tidak berbahaya melalui siklus geokimia dan keseimbangan biokimia (Singh *et al*. 2011).

Pada dasarnya logam berat dibutuhkan dalam metabolisme mahluk hidup dengan jumlah bervariasi (Singh *et al.* 2011). Manusia mengkonsumsi sejumlah kecil logam logam esensial untuk metabolisme, pertumbuhan dan perkembangan sel-sel tubuh, seperti besi (Fe) untuk proses pembentukan hemoglobin (Hb), kobalt (Co) diperlukan dalam pembentukan vitamin serta seng (Zn) diperlukan dalam sintesis enzim dehidrogenase (Budiasih, 2009; Supriatno *et al*. 2009; Hutagalung, 1984). Beberapa jenis mikroba memanfaatkan logam sebagai sumber nutrisi untuk menunjang kelangsungan hidup dan pertumbuhan sel, misalnya pada *Trichoderma asperellum* yang menunjukkan kemampuan mereduksi kandungan Cadmium dalam medium pertumbuhannya, *Aspergillus niger* mendekomposisi perak dan *Basidomycetes* menyerap uranium dari lingkungannya (Mohsenzadeh &



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Shahrokhi, 2014; Aksu, 2002; Wang & Zhou, 2005). Sifat toksik pada logam apabila konsentrasinya terlampau tinggi berpotensi menyebabkan kerusakan sel organisme (Chronopoulos, 1997). Dengan adanya kerusakan yang diakibatkan oleh logam berat yang cukup membahayakan tersebut maka, hal ini banyak menyita perhatian masyarakat dunia, dan menimbulkan kesadaran serta kewaspadaan terhadap bahaya logam berat bagi kelangsungan hidup biota di bumi.

Pertumbuhan populasi penduduk yang teramati pada beberapa dekade terakhir menimbulkan pengaruh pada berbagai aspek. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan laju peningkatan penduduk yang cukup pesat, menurut Aji *et al*. (2014) diperkirakan pada tahun 2045 yang akan datang penduduk Indonesia berjumlah sekitar 450 juta jiwa. Peningkatan jumlah penduduk menimbulkan dilema, khususnya di negara-negara berkembang. Meskipun jumlah populasi penduduk merepresentasikan besarnya potensi sumber daya manusia suatu negara, namun pertumbuhan populasi diiringi dengan peningkatan kebutuhan hidup (Wulansari *et al*. 2013).

Tingginya permintaan pasar/ *demand* menjadi ladang subur bagi perkembangan industri. Abad ke-20 hingga kini disebut sebagai masa industrialisasi, ditandai dengan menjamurnya kegiatan industri untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Banyak manfaat ekonomis yang dihasilkan dari serangkaian proses produksi, distribusi hingga sampai ke tangan konsumen. Namun manfaat yang dipetik dari kegiatan industri tersebut memiliki konsekuensi ekologis, yaitu besarnya tingkat pencemaran

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lingkungan selama masa industrialisasi berlangsung (Siska *et al.* 2012). Pencemaran lingkungan sendiri telah banyak di bahas di dalam Al-Quran, salah satunya adalah Al-Qur'an Surat Ar-Rum ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ ٱلْفَسَادُ فِى ٱلْبَرِّ وَٱلْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِى ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعْضَ ٱلَّذِى عَمِلُوا۟ لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya :"Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)".

Ayat diatas menjelaskan tentang kerusakan yang terjadi di bumi karena perbuatan tangan manusia, pencemaran lingkungan bukan fenomena yang terjadi secara alami melainkan ulah manusia yang dengan sengaja mengorbankan kesehatan lingkungan dengan dalih pemenuhan kebutuhan hidup (Apdy, 2016).

Pencemaran dapat terjadi pada lingkungan air, tanah maupun udara. Pembuangan limbah cair tanpa melalui perlakuan khusus pengolahan limbah, berakibat pada tingginya konsentrasi zat beracun yang masuk ke badan akuatik. Zat beracun berasal dari substansi polutan kimia yang tidak terbentuk secara alami pada ekosistem akuatik. Polutan beracun diantaranya adalah herbisida, limbah industri dan pestisida. Polutan yang dihasilkan oleh industri mengandung bahan berbahaya seperti Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Cadmium (Cd), dan Mangan (Mn) (Warni *et al*. 2017). Selain itu, polutan yang dihasilkan dari limbah domestik rumah tangga juga cukup tinggi, seiring dengan peningkatan laju pertumbuhan penduduk (Nilasari *et al*. 2016).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Di Indonesia sendiri, pencemaran lingkungan ini telah diatur dalam Undang-Undang No 23 Tahun 1997 yang membahas tentang pengelola lingkungan hidup, PP RI No 82 Tahun 2001 tentang pengelola kualitas air dan pengendalian pencemaran pada perairan dan batas maksimum logam berat diatur dalam Peraturan kepala BPOM No 23 tahun 2017 tentang batas maksimum cemaran logam berat pada panganan olahan.

Namun instrumen perundang-undangan tersebut belum efektif dalam mengendalikan pencemaran di kawasan perairan Indonesia. Pada kasus temuan di kota Makassar beberapa waktu silam menjadi bukti rendahnya kesadaran untuk menjaga lingkungan. Menurut analisis oleh Setiawan (2014) Sungai Tallo dan Tanjung Bunga, lingkungan perairan di Makassar mengadung tembaga (Cu) dengan konsentrasi masing-masing 0,165 dan 0,020 ppm, Cadmium (Cd) 0,729 dan 0,030 ppm, serta Timbal (Pb) 0,097 dan 0,110 ppm. Dugaan awal pencemaran berasal dari pertambangan, pertanian, dan industri pabrik. Kasus serupa juga ditemukan di Perairan Teluk Jakarta. Kawasan tersebut difungsikan sebagai tempat industri, rekreasi, dan penangkapan ikan. Disaat yang sama juga dijadikan sebagai tempat pembuangan sampah dan limbah industri. Bahan pencemar yang terdeteksi yaitu kandungan Timbal (Pb) 8,49-31,22 ppm, tembaga (Cu) 13,81-193,75 ppm, dan Cadmium (Cd) < 0,001-0,47 ppm (Ending *et al*. 2007).

Menurut Jainshankar (2014) Cadmium (Cd) merupakan logam berat dengan toksisitas nomor tujuh paling tinggi kedua menurut *ranking* ATSDR. Cadmium juga secara alami ditemukan dalam aktivitas gunung berapi, namun lebih banyak dihasilkan dari limbah buangan pertambangan dan sisa industri

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(Sharma *et al.* 2015; Hutagalung,1984). Pada bidang industri, logam berat diperlukan sebagai bahan baku ataupun sebagai tambahan katalis. Beberapa industri yang turut menyumbang Cadmium (Cd) ke badan air yaitu pelapisan logam, industri cat, metalurgi, pembuangan minyak, pembakaran bahan bakar fosil, penambangan, pencucian bijih besi, pestisida, materi pewarna, dan baterai (Rani *et al.* 2014; Vadkertiova & Slavikova, 2006). Dengan adanya konsentrasi Cadmium (Cd) yang terlampau tinggi, akan menggeser kesetimbangan geokimia dan biokimia yang menjadi mekanisme dekomposisi logam secara alami.

Konsentrasi polutan dikatakan tinggi apabila melebihi ambang batas, sehingga berpotensi menyebabkan bahaya pada lingkungan (Nwani *et al.* 2009). Konsentrasi Cadmium (Cd) yang melebihi ambang batas dapat mengganggu hemeostasis pada organisme akuatik, sehingga dapat menimbulkan kerusakan organ, meliputi gangguan pada hati, tekanan darah, paru-paru, kerapuhan tulang, sistem ginjal, kelanjar pencernaan, dan kematian. (Siska *et al*. 2012). Timbulnya patologi pada organisme air akibat terjadi kontak dengan zat polutan menjadi dasar penetapan biota air sebagai bioindikator status pencemaran air.

Berbagai organisme digunakan sebagai bioindikator Cadmium (Cd), diantaranya kelompok *bivalvia* dan invertebrata (Nan *et al*. 2016). Cadmium (Cd) yang terdapat dalam lingkungan air akan turut masuk ke tubuh biota air dan terakumulasi terus menerus akibat paparan yang terjadi dalam waktu yang lama (Prastyo *et al*. 2016). Sehingga ada/ tidaknya kandungan Cadmium (Cd) dalam tubuh biota tersebut menjadi indikator cemaran Cadmium (Cd)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dalam badan air. Selain invertebrata air, ikan yang merupakan anggota vertebrata juga dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator (Prastyo *et al.* 2016).

Ikan merupakan bioindikator air pada tingkat tinggi sebelum manusia. Pada penelitian Yumiarti (1988) menyatakan bahwa ikan lele (*Clarias* sp.) dapat hidup pada kondisi kekurangan oksigen pada perairan limbah. Nurkhayati (2007) menyatakan bahwa adanya sebuah kasus *home* industri batik yang menghasilkan limbah cair yang berasal dari obat pemutih dan pewarna batik yang dapat menyebabkan pencemaran karena limbah dibuang ke sungai-sungai. Padahal sungai tersebut terdapat ikan lele yang hidup dan berkembang biak serta dikonsumsi oleh masyarakat, sehingga dengan adanya hal tersebut maka dilakukan pemeriksaan Cd dan Pb pada air limbah batik dan daging ikan lele, dan ternyata ada pengaruh logam Cd sekitar 0,048-0,093 mg/kg dan Pb 0,189-0,312 mg/kg.

Menurut Ahmad *et al.* (2013) ikan lele (*Clarias* sp.) disebut sebagai *mudfish*, yang dapat bertahan hidup dan mempu mentolerir kondisi air yang tercemar. Salah satu jenis ikan yang banyak dibudidayakan di Indonesia yaitu Ikan lele (*Clarias* sp.) serta digunakan sebagai ikan percobaan. Ikan lele (*Clarias* sp.) banyak diminati oleh masyarakat untuk dikonsumsi. Kandungan protein dan gizi yang tinggi dalam daging ikan lele (*Clarias* sp.) menyebabkan bahan lauk pauk tersebut tinggi peminat, ditambah dengan harganya yang relatif murah (Nurfitriani, 2017). Namun paparan Cadmium (Cd) dalam badan air menimbulkan kekhawatiran. Makanan yang terkontaminasi Cadmium (Cd) menimbulkan akumulasi dan memanifestasikan penyakit bila masuk ke dalam tubuh manusia. Hal tersebut

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dapat mengancam kesehatan manusia jika akumulasi Cadmium (Cd) berlangsung terus-menerus dalam jangka waktu lama (Yulaipi *et al*. 2013).

Dalam Al-Qur'an telah dijelaskan bahwa manusia diperintahkan untuk mengkonsumsi makanan dan minuman yang halal, baik, dan tidak merusak kesehatan tubuh manusia. Makanan yang dikonsumsi pun tidak sekedar halal melainkan juga harus disertai thayyibah (baik). Sebagaimana firman Allah SWT dalam surat QS. Al- Maidah (5) : 88

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ ٱللَّهُ حَلَٰلًا طَيِّبًا ۚ وَٱتَّقُوا۟ ٱللَّهَ ٱلَّذِىٓ أَنتُم بِهِۦ مُؤْمِنُونَ ﴿٨٨﴾

Artinya: "Dan makanlah makanan yang halal lagi baik dari apa yang Allah telah rezekikan kepadamu, dan bertaqwalah kepada Allah yang kamu beriman kepada-Nya".

Dari penjelasan ayat diatas Allah sudah menjelaskan kepada umatnya bahwa makanan dan minuman yang dikonsumsi manusia tidak hanya halal, namun harus disertai "thayyibah" atau baik. Menurut para ahli tafsir, hal ini berarti makanan tersebut terhindar dari sesuatu yang kotor, membahayakan, dan dapat mengancam kesehatan manusia. Tidak kotor dari segi zatnya atau rusak (kadaluarsa) atau dicampuri benda najis. Ada juga yang mengartikan bahwa, makanan tersebut harus mengundang selera bagi yang memakan dan tidak membahayakan fisik serta akalnya. Sehingga kata thayyibah dalam makanan ialah makanan sehat (makanan yang memiliki gizi dan seimbang), sesuai kebutuhan dengan tidak berlebihan dan tidak kurang, aman (terhindar dari siksa Allah baik di dunia atau di akhirat), dan tentunya halal (Kasmawati, 2014).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kadar maksimum dari Cadmium (Cd) yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009 adalah sebesar 0,1 mg/kg. Berdasarkan latar belakang diatas, perlu dilakukan penelitian mengenai Bioakumulasi Paparan Logam Berat Cadmium (C) pada Daging Ikan Lele (*Clarias* sp.) untuk mengetahui paparan logam berat di dalam daging ikan lele (*Clarias* sp.).

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu: Bagaimana pengaruh paparan logam berat Cadmium (Cd) pada berbagai konsentrasi terhadap kadar bioakumulasi di dalam daging ikan lele (*Clarias* sp.)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh paparan logam berat Cadmium (Cd) pada berbagai konsentrasi terhadap kadar bioakumulasi di dalam daging ikan lele (*Clarias* sp.).

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

Paparan logam berat Cadmium (Cd) dengan menggunakan berbagai variasi konsentrasi 0 (Kontrol); 0,01 mg/l; 0,1 mg/l; dan 1 mg/l.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 1.5 Manfaat Penelitian

a. Manfaat bagi Peneliti

Manfaat penelitian ini untuk peneliti adalah memberikan informasi tentang pengaruh logam berat yang ada diperairan sehingga memerlukan invertebrata air tawar sebagai bioindikator pencemaran.

b. Manfaat bagi Masyarakat

Diharapkan penelitian ini mampu dijadikan wawasan untuk masyarakat agar lebih peduli pada lingkungan terutama pada pencemaran perikanan oleh logam berat seperti Cadmium (Cd).

c. Manfaat bagi Instansi

Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi acuan untuk dijadikan penelitian lebih lanjut mengenai bioakumulasi pencemaran logam berat yang ada diperairan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB II
# KAJIAN PUSTAKA

## 2.1 Ikan Lele (*Clarias* sp.)

Ikan lele merupakan hewan yang masuk ke dalam famili Clariidae. Menurut Saanin (1986) Klasifikasi ikan lele sebagai berikut:

| | |
|---|---|
| Kingdom | : Animalia |
| Filum | : Chordata |
| Klass | : Pisces |
| Ordo | : Ostariophysi |
| Subordo | : Siluroidea |
| Famili | : Clariidae |
| Genus | : *Clarias* |
| Spesies | : *Clarias* sp. |

Ikan lele *(*Clarias sp.*)* merupakan ikan yang memiliki ciri-ciri antara lain yaitu ada 4 pasang sungut, 2 pasang kumis didekat sungut hidung, tubuhnya berlendir, tidak bersisik, kepala panjang sekitar seperempat dari panjang tubuh, kepala atas dan bawah berbentuk pipih yang ditutupi tulang pelekat dan memiliki sirip dua bagian yaitu sirip dada dan sirip perut (Agung *et al*. 2016).



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2.1 Ikan lele (*Clarias* sp.)
(Sumber: Dokumen Pribadi) (2019)

Ikan lele (*Clarias* sp.) dengan indukan yang baik, mempunyai bobot tubuh sekitar 100-200 gram, panjang tubuh lebih dari 20 cm, bentuk badannya simetris, tidak bengkok, tidak cacat, dan umur jantan > 7 bulan (Akbar, 2016). Ikan lele (*Clarias* sp.) umumnya memakan larva jentik nyamuk, siput, dan cacing. Apabila membudidaya ikan lele (Clarias sp.) dapat diberikan pakan berupa pellet.

2.1.1 Habitat Ikan Lele (*Clarias* sp.)

Ikan lele *(Clarias* sp.) tersebar di negara-negara Afrika dan Asia yang meliputi Myanmar, Laos, Vietnam, Cambodia, Malaysia, Thailand, Pakistan, India, Singapura, dan Indonesia (Akbar, 2016). Ikan lele (*Clarias* sp.) ditemukan pada semua perairan air tawar seperti sungai, rawa-rawa, danau, kolam dan waduk (Pamungkas, 2018). Darseno (2010) menyatakan bahwa lele pada siang hari bersembunyi di tempat gelap dan lebih banyak berdiam diri sedangkan pada malam hari sibuk beraktivitas mencari makanan. Oleh karena itu, ikan lele (*Clarias* sp.) dianggap sebagai hewan noktural yang aktif pada malam hari.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menurut Darseno (2010) ikan lele (*Clarias* sp.) termasuk ikan dengan jenis air tawar yang memiliki rasa enak dan gurih. Tekstur pada dagingnya lembut, empuk, dan mempunyai kandungan gizi yang tinggi. Gizi merupakan salah satu faktor penting yang dibutuhkan dan bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Terutama pada komponen gizi dari lemak, protein, air, dan mineral yang dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari (Ramlah, 2016). Berikut merupakan komponen gizi ikan lele (*Clarias* sp.):

Tabel 2.1 Komponen Gizi Ikan Lele (*Clarias* sp.).

| Sumber Gizi | Jumlah (%) |
|---|---|
| Lemak | 4,8% |
| Protein | 17,7% |
| Air | 76% |
| Mineral | 1,2% |

Sumber: (Ubaidillah *et al*. 2010).

Dengan kandungan nilai gizi yang cukup tinggi tersebut, membuat sebagian besar masyarakat Indonesia gemar mengkonsumsi ikan lele (*Clarias* sp.).

2.1.2 Kelebihan Ikan lele (*Clarias* sp.)

Menurut Ubaidillah *et al*. (2010), ikan lele *(Clarias* sp.) merupakan hewan yang memiliki kelebihan dan keunggulannya yaitu:

a. Lisin merupakan zat antibodi yang dibutuhkan sewaktu perbaikan jaringan serta pertumbuhan dan berfungsi sebagai pengurai antigen.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Leusin ($C_6H_{13}NO_2$) merupakan kelompok asam amino esensial yang dibutuhkan untuk pertumbuhan anak-anak dan dapat mencegah gangguan fungsi tubuh.

## 2.2 Parameter Kualitas Air.

Nurfitriani (2017) menyatakan bahwa pengukuran kualitas air dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat pada perairan pH (derajad keasaman), suhu, dan DO *(Desolved Oxygen).* Pengukuran dilakukan setiap hari pada waktu pagi hari. Alat yang digunakan dalam pengukuran kualitas air adalah thermometer, pH meter, dan pro 2030. Alat pro 2030 digunakan khusus untuk mengukur DO dan suhu air. Kemudian data yang didapatkan dari dianalisis secara deskriptif.

### 2.2.1 Kadar pH (Derajad keasaman)

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman dan basa suatu zat, benda, atau larutan. pH normal mempunyai nilai 7. Apabila pH > 7 maka zat tersebut bersifat basa, sedangkan pH < 7 menunjukkan zat tersebut bersifat asam.

pH dapat dijadikan sebagai faktor pembatas pada organisme yang mempunyai toleransi kadar maksimal dan minimum pH. Batas toleransi organisme sangat bervariasi mulai dari suhu, oksigen, dan kandungan garam-garam ionik. Secara alami, pH pada perairan berkisar antara 6-9 sedangkan pH optimal untuk pemeliharaan ikan lele (*Clarias* sp.) berkisar antara 7-8. Menurut Armita (2011), pH air dapat diukur menggunakan pH meter maupun kertas lakmus. Untuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pengukuran menggunakan kertas lakmus, dapat dilakukan dengan cara memasukkan kertas lakmus tersebut ke dalam akuarium kemudian dicocokkan warna kertas lakmus yang didapatkan dengan warna pada *cover* tempat kertas lakmus sebagai standard. Nilai pH pada kertas lakmus selajutnya dicatat.

2.2.2 Suhu

Suhu adalah derajat panas atau dingin yang diukur dengan skala tertentu menggunakan alat seperti termometer. Satuan suhu yang biasa digunakan adalah derajat selsius ($^{o}$C). Suhu merupakan parameter yang paling penting bagi suatu organisme karena dapat mempengaruhi proses fisiologis pada ikan. Bila suhu air terlalu rendah atau terlalu dingin dapat berdampak terhadap pertumbuhan, sehingga diperlukan suhu ideal pada perairan yaitu berkisar antara 25-30 °C. Alat yang digunakan pada pengukuran suhu dalam penelitian ini adalah Pro-2030. Menurut Suprapto (2011), prosedur pengukuran oksigen terlarut dapat dijelaskan sebagai berikuti:

a. Tombol power ditekan dan dibiarkan ± 3-5 menit ditunggu hingga stabil.
b. Tombol bertanda panah ditekan keatas dan ke bawah secara bersamaan kemudian dilepas.
c. Mode ditekan sampai terbaca.
d. Nilai altitude dinaikan dan diturunkan dengan menggunakan tombol tanda panah ke atas dan ke bawah sempai sesuai dengan nilai altitude dan ditekan enter.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

e. Pro 2030 siap digunakan, probe dimasukkan ke perairan.

2.2.3 Oksigen Terlarut

Alat yang digunakan untuk mengukur oksigen terlarut dalam penelitian ini adalah Pro 2030. Menurut Suprapto (2011), prosedur pengukuran oksigen terlarut dijelaskan sebagai berikut:

a. Tombol power ditekan dan dibiarkan ± 3-5 menit ditunggu hingga stabil.
b. Tombol bertanda panah ditekan keatas dan ke bawah secara bersamaan kemudian dilepas.
c. Mode ditekan sampai terbaca % oksigen
d. Nilai altitude dinaikan dan diturunkan dengan menggunakan tombol tanda panah ke atas dan ke bawah sempai sesuai dengan nilai altitude dan ditekan enter.
e. Pro 2030 meter siap digunakan, probe dimasukkan ke perairan.

## 2.3 Logam berat

Logam berat (*heavy metals*) merupakan sekelompok elemen-elemen logam yang dikategorikan berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Logam berat dalam bentuk unsur kimia memiliki kerapatan (densitas) lebih dari 5 gr/$cm^3$. Logam berdasarkan toksisitasnya dapat dibagi menjadi logam dengan toksisitas tinggi (Hg, Cd, Pb, As, Cu, dan Zn), toksisitas sedang (Cr, Ni, dan Co), dan toksisitas dengan kategori rendah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(Mn dan Fe) (Darmono, 1995). Sedangkan menurut Wahyu (2008), logam berat dibagi dalam dua kelompok, yaitu:

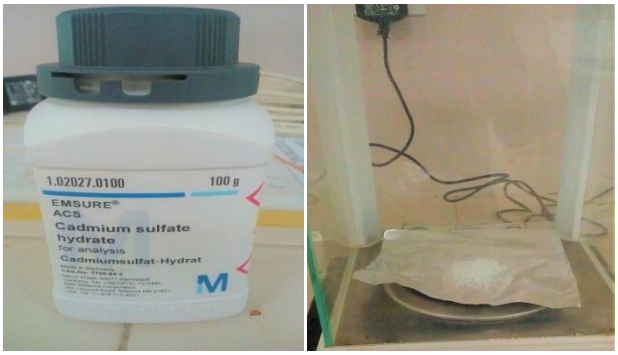
a. Logam berat esensial adalah logam berat dalam jumlah yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Bila dalam jumlah berlebih, logam bias menimbulkan efek toksik seperti Zinc (Zn), Copper (Cu), Iron (Fe), Cobalt (Co), dan Manganese (Mn).
b. Logam berat non-esensial adalah logam berat yang keberadaanya didalam tubuh bahkan bersifat toksik. Seperti Merkuri (Hg), Cadmium (Cd), Timbal (Pb), dan Chromium (Cr).

## 2.4 Cadmium (Cd)

### 2.4.1 Karakteristik Cadmium (Cd)

Cadmium (Cd) berwarna putih perak, lunak, tekstur lembut, tidak larut dalam basa, dan mengkilap, dengan nomor atom 48 dengan 12 elemen priode 5 titik didih 767°C, titik leleh 321°C, berat atom 112,4 dan jenis massa pada Cadmium (Cd) 8,65 g/cm$^3$. Cadmium (Cd) mudah bereaksi, mudah panas bila beroksidasi, tahan terhadap panas, korosif, dan berwarna keperakan mirip dengan logam aluminium. Campuran logam Cadmium (Cd) berasal dari seng dan timah hitam dan bentuknya keperakan putih dan berkristal (Istarani *et al*. 2014)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




Gambar 2.2 Cadmium Sulfat Hydrat ($CdSO_4 8H_2O$)
Sumber: Dokumen Pribadi, (2019)

Cadmium sulfat hydrat ($CdSO_4$ $8H_2O$) adalah senyawa yang berwarna putih, tidak berbau, berbentuk kristal, kelarutan dalam air sebesar 1130 g/l pada temperature, 20 $^oC$ titik leleh 41,5 $^oC$ dan sering digunakan dalam semi konduktor dalam industri karena sifat fisik dan kimianya yang baik (Housecroft dan Sharpe, 2005). Cadmium sulfat hydrat ($CdSO_4$ $8H_2O$) bersifat toksik sebab dapat bereaksi dengan ligan-ligan yang penting bagi fungsi tubuh (Purnamasari, 2016). Ion Cadmium berupa ($Cd^{2+}$) mempunyai sifat asam lemah sehingga membentuk ikatan kovalen dan mudah lepas. Awal mulanya Cadmium (Cd) diadsopsi secara fisika melalui fibril lalu dengan adanya bantuan adsorbsi kimia yang membentuk kovalen yang lemah maka ikatan itu mudah terdegradasi sehingga dapat teradsorpsi dengan cepat (Dewi, 2012).

### 2.4.2 Cadmium (Cd) pada Industri

Anggriana (2011) menyatakan bahwa Cadmium (Cd) adalah logam berat yang sangat penting dan banyak digunakan sebagai elektroplanting (pelapis elektrik). Cadmium (Cd) juga dapat dipergunakan sebagai keramik, pigmen warna cat, plastik, stabilizer

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

plastik, katode untuk Ni-Cd pada baterai, karet, pembuatan TV, bahan fotografi, kembang api, sabun, email gigi, percetakan tekstil, dan pigmen untuk gelas. Manfaat Cadmium (Cd) dan senyawanya adalah sebagai berikut:

a. Senyawa Cd-sulfat ($CdSO_4$) digunakan pada industri baterai adalah dalam pembuatan sel Weston yaitu memiliki potensial stabil yaitu sebesar 1,0186.
b. Senyawa CdS dan CdSes dipergunakan sebagai zat warna.
c. Senyawa dietil Cadmium {$(C_2H_5)_2Cd$} dipergunakan dalam pembuatan tetraetil-Pb.
d. Senyawa Cadmium bromide ($CdBr_2$) dan Cadmium ionida ($CdI_2$) dipergunakan pada dunia fotografi.
e. Senyawa Cd-stearat dipergunakan pada perindustrian manufaktor *polyvinyl* (PVC) sebagai bahan yang memiliki fungsi untuk stabilizer.

2.4.3 Mekanisme toksisitas pada Cadmium (Cd)

Keracunan yang bersifat kronis disebabkan oleh toksisitas logam berat Cadmium (Cd) dalam waktu yang sangat panjang. Awal mulanya logam berat dapat masuk ke dalam tubuh dengan jumlah yang sangat kecil, sehingga masih dapat ditolerir oleh tubuh. Bila terjadi proses akumulasi secara terus menerus, maka tubuh tidak dapat mentolerir toksisitas yang dibawa oleh Cadmium (Cd) tersebut. Keracunan yang sifatnya kronis berdampak sangat buruk pada penderita (Anggriana, 2011).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keracunan kronis yang diakibatkan oleh Cadmium (Cd) umumnya menyebabkan kerusakan pada bagian fisiologis tubuh. Sistem tubuh yang dapat di rusak oleh adanya keracunan kronis dari logam berat Cadmium (Cd) adalah sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan/paru-paru), sistem sirkulasi (darah), dan jantung. Keracunan kronis juga merusak bagian kelanjar reproduksi, sistem penciuman, dan mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Anggriana, 2011).

2.4.4 Bioakumulasi Cadmium (Cd)

Bioakumulasi merupakan kondisi peningkatan konsentrasi polutan pada lingkungan. Organisme yang mengalami paparan bahan toksik secara terus-menerus akan mengalami bioakumulasi. Bioakumulasi adalah proses dimana substansi kimia mempengaruhi makhluk hidup dan ditandai dengan adanya peningkatan konsentrasi bahan kimia didalam tubuh organisme dibandingkan dengan konsentrasi bahan kimia dilingkungan. Bahan kimia seperti Cadmium (Cd) dapat menghambat proses metabolisme dan ekskresi pada tubuh organisme, sehingga bahan kimia tersebut akan terakumulasi didalam tubuh (Jaluis *et al.* 2008). Tahapan proses bioakumulasi antara lain:

a. Pengambilan (*uptake*) yaitu masuknya bahan kimia melalui pernafasan atau adsorbs melalui insang.
b. Penyimpanan (*storage*) yaitu proses penyimpanan sementara pada jaringan tubuh atau organ, kadar bahan kimia akan terus bertambah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dalam tubuh organisme dan kadarnya lebih tinggi dari pada di lingkungan

c. Eliminasi yaitu pemecahan bahan kimia menjadi senyawa yang lebih kompleks yang dilakukan dengan proses biologi (metabolisme).

2.4.5 Biotransformasi dan Metabolisme Cadmium (Cd)

Biotrasnformasi adalah proses fisiologis masuknya logam Cadmium (Cd) kedalam tubuh. Umumnya proses fisiologis disebut sebagai metabolisme tubuh (Ridwan, 2011). Cadmium (Cd) di transformasi ke dalam darah yang saling berikatan dengan sel darah merah dan protein berat molekul dalam plasma khususnya pada albumin. Cadmium (Cd) dalam darah akan ditrasformasikan oleh metalotionin. Konsentrasi unsur logam bersifat toksik dalam tubuh sebagai detoksifikasi yang mengikat logam berat dalam metebolisme tanpa megeliminasi. Setelah toksik Cadmium (Cd) masuk ke dalam darah, maka akan didistribusikan dengan cepat keseluruh tubuh (Nordberg *et al*. 2005). Pengikatan toksikan di dalam jaringan menyebabkan tingginya kadar toksikan dalam jaringan.

2.4.6 Biomagnifikasi

Biomagnifikasi merupakan peningkatan kadar bahan kimia diikuti dengan peningkatan level trofik terhadap jaringan atau rantai makanan. Biomagnifikasi melibatkan rantai makanan sebagai penghubung. Biomagnifikasi ditandai dengan adanya peningkatan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

konsentrasi bahan kimia pada tingkat trofik yang semakin tinggi pada tingkatan trofik yang diiringi dengan kadar bahan kimia. Sistem rantai makanan pada tingkatan biota menentukan jumlah Cadmium (Cd) yang terakumulasi. Biota yang lebih tinggi akan menentukan akumulasi Cadmium (Cd) yang lebih banyak sedangkan pada biota tingkatan teratas (*top level*) adalah akumulasi yang paling besar. Jika jumlah Cadmium (Cd) melebihi ambang batas pada biota dari satu lavel akan menyebabkan kematian (Puspitasari, 2007).

Pada biota yang tahan terhadap Cadmium (Cd) dengan kadar logam yang tinggi kemudian dikonsumsi oleh manusia dan masuk kedalam tubuh manusia akan mengalami proses biomagnifikasi dan menggagu fungsi organ tubuh manusia. Biomagnifikasi pada manusia termasuk tingkatan trofik yang paling tinggi (Safitri, 2015).

Kandungan logam berat yang boleh dikonsumsi oleh biota perairan dengan kandungan Cadmium (Cd) adalah sebesar 200 ppb dan batas maksimumnya sebesar 100 ppb (Budiman *et al*., 2012). Menurut Organisasi Kesehatan Dunia atau *World Health Organization* (WHO) dan FAO kadar logam berat maksimum 0,1 mg/kg dijadikan sebagai persyaratan baku mutu keamanan pada Cadmium (Cd). Hal ini senada dengan Standard Nasional Indonesia (SNI) pada makanan dan cemaran perikanan (Zahro, 2015; Prabowo *et al*. 2012).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

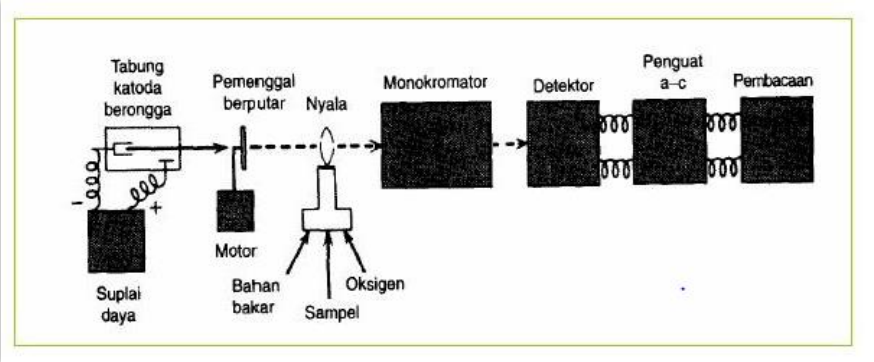
## 2.5 *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS)

*Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) merupakan alat untuk menganalisis unsur-unsur pada logam dan pengukuran metalloid dengan menyerap cahaya dengan panjang gelombang pada atom logam dalam keadaan bebas. Metode ini sangat tepat untuk dapat menganalisis zat dalam konsentrasi rendah. Ukuran optimum *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) dengan panjang gelombang 200-300 nm (Skoog *et al*. 2000).

Gambar 2.3 Alat *Spektrofotometer Serapan Atom* (AAS)
Sumber: (Dokumen Pribadi, 2019).

Alat *Spektrofotometer Serapan Atom* (AAS) adalah metode yang digunakan dalam unsur-unsur sampel dalam bentuk larutan. Prinsip *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) sebagai penyerapan cahaya oleh atom. Penyerapan cahaya oleh atom tergantung dari sifat unsurnya. *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) penyerapan sinar pada atom-atom pada keadaan dasar (*Ground state*). Penyerapan sinar biasanya adalah sinar ultra violet. Penyerapan sinar yang dijalankan oleh *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) adalah ion atau molekul pada larutan. Pemeriksaan sampel dapat diubah menjadi atom-atom bebas dengan flame. Atom-atom akan mengabsorbsi cahaya dengan melihat panjang gelombang oleh atom dan cahaya yang diserap sama banyaknya cahaya (Nurfitriani, 2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id




Gambar 2.4 Skema Kerja *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) (Sumar, 2004)

*Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) terfokus pada proses penyerapan atom-atom yang berada pada tingkat dasar (*grown stage*). Sehingga penyerapan energy yang dilakukan melalui interaksi elektron dalam kulit atom ke tingkat yang lebih tinggi (*excited stage*). Proses penyerapan melalui radiasi electron dari atom-atom bebas yang tidak stabil akan kembali ke semula dengan memancarkan energi radiasi dengan panjang gelombang untuk setiap unsurnya (Torowat, 2008). Sumar (1994) menjelaskan tentang komponen pada gambar diatas sebagai berikut:

2.5.1 Sumber Cahaya

Sumber cahaya memiliki fungsi dalam memencarkan cahaya yang dapat dipakai untuk mengeksitasi atom dari unsur yang akan dianalisis. Sumber cahaya dapat memancarkan cahaya resonan dan interaksi yang stabil. Sumber cahaya digunakan sebagai lampu katoda. Lampu katoda terdiri atas tabung kaca yang ditutupi dan mengandung katoda dan anoda. Katoda dan anoda dipasang dengan selisih tegangan hingga 600 volt, maka mula-mula katoda akan memencarkan berkas elektron yang akan menuju anoda sehingga bergabung dengan atom

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

atom gas mulia sehingga menimbulkan atom atom gas mulia akan kehilangan elektron dan berubah menjadi ion-ion positif. Ion positif dari gas mulia akan menuju ke katoda dengan kecepatan dan energi yang tinggi.

Atom-atom unsur dari bahan katoda akan terlempar keluar dan mengalami eksitasi pada tingkat yang lebih tinggi dan waktu eksitasi akan memecahkan spectrum yang memancarkan unsur dari bahan katoda yang akan dianalisis.

2.5.2 Pengabut dan pembakaran

Fungsi dari pengabutan adalah untuk mengubah larutan menjadi kabut. Sedangkan pembakaran berfungsi untuk mengubah ion logam menjadi atom. AAS berfungsi dalam menyerap cahaya pada atom, sehingga unsur-unsur senyawa dapat direduksi. Pengabutan larutan dan pengatoman unsur akan nyala mengunakan pembakaran. Di dalam proses pembakaran, campuran gas dipakai untuk menyalakan pembakaran tersebut berasal dari udara dan asetilena, dan $N_2O$ Campuran antara udara dan propana akan menghasilkan nyala dengan suhu 1925 $^oC$ dan dipakai untuk memudahkan pembentukan atom.

2.5.3 Monokromator

Monokromator berfungsi untuk menghilangkan ganguan pada spektrum yang dipancarkan oleh molekul gas dari bahan bakar yang tereksitasi. Monokromator terdiri atas prisma dan difaksi,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Monokromator berfungsi dalam menyaring cahaya yang masuk ke larutan pada cahaya tunggal.

2.5.4 Detector

Detector memiliki fungsi dalam mengubah energi yang diterima menjadi sinyal listrik. Detector akan menerima dua macam isyarat yang saling berselang-seling dan akan mengubah menjadi isyarat listrik yang berbolak balik. Isyarat kontinyu yang berasal dari nyala akan mengubah mejnadi isyarat arus yang searah oleh detector yang akan dilanjutkan ke amplifer pada arus bolak balik.

2.5.5 Amplifer dan pembacaan

Amplifer akan menguatkan isyarat arus bolak balik melalui mekanisme pengolahan sinyal yang diporoleh pada hasil yang terbaca pada alatnya. Syarat arus yang searah berasal dari isyarat sinyal kontinyu.

2.5.6 Keungulan *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS)

Menurut Van (1980) menyatakan bahwa keunggulan dari analisis *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) adalah sebagai berikut:

a. Kepekatan (Sensitivitas)

Metode *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) memiliki kepekatan dapat mengukur kadar logam pada tingkat dibawah 1 bpj.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Selektivitas

Metode *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) cukup tinggi selektivitasnya dalam menentukan adanya unsur dalam suatu larutan tanpa harus dipisah.

c. Ketelitian dan Ketepatan

Ketelitian *metode Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) relatif baik dalam pengukuran kandungan logam dengan jumlah yang relatif kecil dibandingkan dalam *Spektrofotometer* biasa.

2.5.7 Kelemahan *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS)

a. Gangguan kimia adalah proses kimia yang terjadi waktu proses atomisasi, sehingga dapat merubah karakterisasi serapan oleh zat yang akan diukur.
b. Beberapa dapat menyala pada unsur jenis, dengan bertambahnya analit pada penukaran sumber sinar, setting, nyala pembakaran dan sumber gas.
c. Gangguan spectral mempengarui serapan pada emisi dan zat yang akan diukur.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB III
# METODE PENELITIAN

## 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada 4 kelompok perlakuan (termasuk kontrol) yaitu 0 (Kontrol); 0,01 mg/l; 0,1 mg/l; dan 1 mg/l dengan masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali ulangan.

## 3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar B UIN Sunan Ampel Surabaya, Institut Teknologi Surabaya, dan Laboratorium Kesehatan Daerah Gayungsari. Penelitian dilaksanakan pada April s/d Juli 2019. Jadwal pelaksanaan penelitian dengan skala laboratorium dilihat pada Tabel 3.1. dibawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

| | | Bulan | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No** | **Kegiatan** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Persiapan | | | | | | | | | |
| 2 | Pembuatan Proposal Skripsi | | | | | | | | | |
| 3 | Seminar Proposal | | | | | | | | | |
| 4 | Pengamatan Laboratorium | | | | | | | | | |
| 5 | Analisis Data | | | | | | | | | |
| 6 | Pembuatan Draft Skripsi | | | | | | | | | |
| **7** | Seminar Hasil Skripsi | | | | | | | | | |



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## 3.3 Bahan dan Alat Penelitian

a. Bahan penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini diantarannya adalah 24 ekor ikan lele (C*larias* sp.), air sumur, akuades, akuabides, Cadmium sulfat hydrat ($CdSO_4$), pellet, serta larutan $HNO_3$.

b. Alat penelitian

Alat yang diperlukan untuk penelitian ini 4 akuarium kaca 50x33x35 cm, filter, mortar, alat tulis, desikator, oven (Thermo Scientific, Jerman), jaring ikan, cawan, timbangan analitik, erlemeyer, pH meter, kertas label, neraca digital, alat bedah, kertas saring *whatman* no 42, labu ukur 50 ml, pipet, botol urin, beling ukuran 300 ml, botol aqua ukuran 1,5 liter, *hot plate*, lemari asam, gelas arloji, neraca analitik (Thermo Scientific, Jerman), furnace, Pro-2030, dan *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS).

## 3.4 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan dosis (konsentrasi) Cadmium (Cd) yang dipapar dalam media pemeliharaan, yaitu terdiri atas dosis 0 (kontrol); 0,01 mg/l; 0,1 mg/l; dan 1 mg/l.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini yaitu kadar Cadmium (Cd) pada daging ikan lele (C*larias* sp.).

c. Variabel Kontrol/Terkendali

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah jenis hewan coba, berat badan hewan coba dan panjang hewan coba.

d. Variabel Moderator

Variabel moderator pada penelitian ini adalah DO (*Desolved Oxygen*), pH, suhu.

## 3.5 Prosedur Penelitian

### 3.5.1 Pemilihan Sampel Ikan Lele (C*larias* sp.) dan Aklimatisasi

Ikan lele (C*larias* sp.) yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini adalah ikan lele (*Clarias* sp.) jantan yang diambil dari peternak ikan di Dusun Jlopo Desa Tebel Kecamatan Bareng Kabupaten Jombang yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini (Gambar 3.1).

Gambar 3.1 Kolam Pembudidayaan Ikan Lele (*Clarias sp*.)
Sumber: Dokumen Pribadi (2019)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan penghitungan menggunakkan rumus Federer (Lampiran 6), besar sampel ideal menurut data yang digunakan adalah 4 ekor ikan lele (*Clarias* sp.) atau lebih. Jadi penelitian ini, ikan lele (*Clarias* sp.) jantan yang digunakan dalam semua kelompok uji secara keseluruhan berjumlah 24 ekor.

Pemilihan individu ikan lele sebagai sampel uji dengan kriteria berjenis kelamin jantan dan telah mencapai tahap dewasa sesuai deskripsi Akbar (2016) yaitu

a. Dipilih ikan umur 80-120 hari dengan berat rata-rata 80-110 g dan panjang tubuh 25-30 cm.
b. Dimasukan air sumur sebanyak 40 liter kedalam akuarium yang berukuran berukuran sama 50x30x30 $cm^3$ serta dilengkapi dengan filter dan aerator. Aerator digunakan untuk penyuplai oksigen (Anggraeni, 2016), sedangkan filter sebagai penyaring partikel sehingga dapat mengurangi bau dan menjernihkan air (Suhendra, 2017). Air sumur atau air tanah pada penelitian supaya menyerupai air yang ada sesuai ekosisitem alami habitat ikan lele (*Clarias* sp.)
c. Dilakukan aklimatisasi dengan panjang masa selama 7 hari.
d. Diberikan pakan 3 kali sehari yaitu pada pukul 09.00 dan 16.00 (Muarif, 2011) dan pada masa ini dilakukan penimbangan bobot awal hewan uji.

3.5.2 Pengelompokan Subjek Penelitian

Penelitian ini menggunakan 3 kelompok perlakuan dan 1 kelompok kontrol dengan faktor pembeda antar perlakuan yaitu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

konsentrasi dosis Cd dalam media pemeliharaan. Pada masing-masing kelompok perlakuan berlaku 3 ulangan. Kelompok perlakuan dalam penelitian ini didasarkan pada Abedi (2013) & Kumar (2017) Chandrasekera (2008) yaitu sebagai berikut:

P0 = Kelompok kontrol (*Clarias* sp.) yang dipapar Cd dengan dosis 0 mg/l.

P1 = Kelompok perlakuan I (*Clarias* sp.) yang dipapar Cd dengan dosis 0,01 mg/l.

P2 = Kelompok perlakuan I (*Clarias* sp.) yang dipapar Cd dengan dosis 0,1 mg/l.

P3 = Kelompok perlakuan I (*Clarias* sp.) yang dipapar Cd dengan dosis dan 1 mg/l.

3.5.3 Pembuatan Larutan Uji Cadmium (Cd)

Pembuatan media pemeliharaan disesuaikan dengan dosis/konsentrasi kelompok perlakuan.

Pembuatan stok larutan standar kadmium

Larutan standar Cadmium (Cd) 1000 ppm dibuat sebagai stok larutan dengan prosedur yang dipaparkan oleh AOAC (2006); Sekewael (2015); Chem (2010) sebagai berikut:

Rumus pembuatan larutan stok

Cadmium (Cd) CdSO4 setara dengan 1gr

$$Cd^{2+} = \frac{\text{berat molekul } CdSO4 \text{ x}100}{Berat\ atom\ Cd x\ kemurnian}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$= \frac{208,48 \times 100}{112,414 x\ 98}$$

= 1,8923 gr

Setelah didapatkan larutan stok yang diinginkan, maka langkah selanjutnya adalah sebagai berikut:

1) Ditimbang Cadmium (Cd) sulfat hydrat ($CdSO_4$) sebanyak ±1,8923g
2) Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml
3) Ditambahkan akuades, kemudian dihomogenkan. Setelah itu dilakukan pengenceran menggunakan rumus sesuai dengan Wardani (2000) sebagai berikut:

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

Keterangan:

$V_1$ = Volume air yang diencerkan

$N_1$ = Konsentrasi larutan yang akan diencerkan

$V_2$ = Volume air setelah diencerkan

$N_2$ = Konsentrasi larutan setelah diencerkan

3.5.4 Pemeliharaan dan Perlakuan Paparan Cadmium (Cd) pada Hewan Uji

Menurut (Hermawan *et al.* 2012) bahwa hewan uji dipelihara dalam aquarium dengan kondisi media yang telah disesuaikan dengan kelompok perlakuan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Dipemelihara ikan lele (*Clarias* sp.) dalam media paparan Cadmium (Cd)
b. Dilakukan selama 4 minggu sesuai dengan Rumahlatu *et al.* 2014.
c. Dilakukan aerasi dan filtrasi media pemeliharaan.
d. Digunakan filter air yang diatur nyala selama 24 jam.
e. Jika ditemukan hewan mati selama masa periode pemeliharaan maka segera diangkat
f. Dikontrol dengan menggunakan parameter pada pH di dalam akuarium
g. Dicatat jumlahnya mengunakan alat tulis

3.5.5 Pemanenan Sampel dan Pengamatan Bobot Badan Sampel Pasca Pemeliharaan

a. Hewan uji dipanen menggunakan jaring ikan.
b. Dimasukkan kedalam baki
c. Ditimbang bobot badan ikan dan panjang tubuh sebagai parameter pengamatan dalam penelitian ini.

Hal ini didasarkan pada Sarmada *et al.* (2016) yang mengamati adanya keterkaitan antara pertambahan panjang mutlak dalam organ ikan.

Pertumbuhan panjang mutlak dan pertumbuhan berat mutlak pada tubuh ikan

$$L_M = TL_1 - TL_o$$

Keterangan: $L_M$ = Pertumbuhan panjang mutlak (cm)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$TL_1$ = Panjang total pada akhir penelitian (cm)

$TL_o$ = pertumbuhan panjang mutlak (cm)

$$G = W_t - W_0$$

Keterangan: G = Pertumbuhan berat mutlak (gram)

$W_t$ = berat akhir penelitian (gram)

$W_0$= berat awal penelitian (gram)

d. Sampel ikan dibedah dimulai dari anus sampai dada lalu diambil bagian dagingnya.

3.5.6 Tahap Pembedahan

a. Diambil ikan dan dilakukan pembedahan mulai dari anal sampai perut bagian atas lalu diambil bagian daging sebagai organ target pengujian (Fernanda, 2012).

b. Dimasukkan sampel dalam cawan

c. Ditimbang 170 µl sampel basah

Gambar 3.2 Pembedahan Ikan Lele (*Clarias sp.)*
Sumber: Dokumen pribadi (2019)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.7 Analisis Kandungan Cadmium (Cd) dengan *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS)

4.5.1 Destruksi kering

Sebelum dilakukan analisis logam berat dilakukan preparasi yang diawali dengan pengeringan sampel sesuai dengan Sihotang *et al*. (2017) yaitu sebagai berikut:

1) Dioven dibagian daging ikan lele (*Clarias* sp.) selama 24 jam pada suhu 60-80 °C
2) Didinginkan dalam desikator selama 12 jam
3) Dimasukkan sampel dalam *Muffle furnace* dengan suhu 550 °C selama 3 jam sampai menjadi abu.

Gambar 3.3 *Muffle Furnace*
Sumber: Dokumen Pribadi (2019)

3.5.8 Tahap Destruksi Basah pada Sampel

Destruksi merupakan proses degradasi materi organik sampel dengan memanfaatkan cairan asam kuat, menurut Kumalawati (2016) $HNO_3$ yang merupakan bahan asam tersebut dapat dimanfaatkan sebagai agen destruksi. Tahapan destruksi dapat dijelaskan sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1) Ditimbang sampel yang sudah kering sebanyak 5 gram
2) Dimasukkan kegelas piala ditambahkan 20 mL $HNO_3$ lalu ditutup dengan gelas arloji
3) Dipanaskan diatas hot plate dengan suhu 100° ditunggu hingga sisa volume 15 ml
4) Bila masih pekat ditambahkan $HNO_3$ dan air bebas mineral hingga pH < 2 serta dididihkan kembali
5) Disaring dengan kertas *whatman* no 42
6) Dianalisis *Spektrofotometer Serapan Atom* (AAS) dengan panjang gelombang 228,8 nm untuk menentukan kadar Cadmium (Cd) dalam sampel (Noriyanto, 2012).

3.5.9 Persiapan Kurva Kalibrasi

Larutan standar Cadmium (Cd) 1000 ppm diencerkan untuk membuat kurva kalibrasi yang mengacu pada metode pembuatan kurva Cadmium (Cd) oleh Noriyanto (2012) yaitu sebagai berikut:

a. Diambil larutan baku Cadmium (Cd) 1000 ppm sebanyak 0,1 ml dengan menggunakan pipet
b. Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml
c. Selanjutnya ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan sehingga didapatkan larutan standar Cadmium (Cd) 1 ppm
d. Selanjutnya dengan cara yang sama dibuat pengenceran larutan standar Cadmium (Cd) 1 ppm menjadi konsentrasi 0,02 ppm; 0,04 ppm; 0,05 ppm; 0,06 ppm; 0,08 ppm; dan 0,09 ppm sesuai dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

persamaan pengenceran deskripsi Wardani (2000) dalam pembuatan media pemeliharaan ikan.

e. Larutan standar yang telah dibuat, masing-masing diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom dengan tahap sebagai berikut:

1. Komputer digunakan untuk mengukur besar serapan *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) (Shimadzu AA-7000).
2. Lampu katoda Uji *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) dihidupkan serta diatur posisi lampu supaya didapatkan serapan maksimum.
3. Larutan standar diaspirasi kemudian didapatkan pengukuran hasil bacaan serapan atom pada Uji *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS).

## 3.6 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan uji Kruskall Wallis karena tidak memenuhi salah satu dari dua syarat untuk dilakukan uji One Way ANOVA (uji parametrik), yaitu didapatkan *P value* > 0,05 pada uji normalitas dan *P value* > 0,05 pada uji homogenitas. Sedangkan pada penelitian ini didapatkan data dengan nilai *P value* pada uji normalitas sebesar 0,238 dan *P value* pada uji homogenitas sebesar 0,007 sehingga tidak dapat dianalisis dengan uji parametrik atau One Way ANOVA.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB IV
# HASIL DAN PEMBAHASAN

Bioakumulasi Cadmium (Cd) yang masuk ke dalam perairan menyebabkan ancaman bagi organisme yang hidup di dalamnya. Salah satunya adalah ikan. Cadmium (Cd) ini berasal dari limbah-limbah industri yang secara tidak langsung dapat menyebabkan toksisitas meskipun pada konsentrasi rendah. Bab ini akan memaparkan mengenai hasil pengujian sampel yang disajikan secara deskriptif dalam bentuk tabel maupun gambar.

## 4.1. Hasil Pengujian *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) pada Sampel Organ Daging Lele (*Clarias* sp.)

Hasil pengujian *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) pada sampel daging lele (*Clarias* sp.) yang terpapar logam berat Cadmium (Cd) terdapat pada tabel 4.1. sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil uji *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) pada daging ikan lele (*Clarias* sp.)

| Ikan ke- | K | T1 | T2 | T 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | tt | 0.0063 | 0.0111 | 0.0178 |
| 2 | tt | 0.0073 | 0.0133 | 0.0161 |
| 3 | tt | 0.0099 | 0.0135 | 0.0271 |
| 4 | tt | 0.0125 | 0.0137 | 0.014 |
| 5 | tt | 0.0147 | 0.0157 | 0.024 |
| 6 | tt | 0.0094 | 0.0190 | 0.0252 |
| Rata-rata | tt | 0,03 | 0,0432 | 0,0621 |

Keterangan : tt = tidak terdeteksi
K = Kontrol
T1= Konsentrasi 0,01 mg/l
T2= Konsentrasi 0,1 mg/l
T3= Konsentrasi 1 mg/l



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan hasil uji *Atomic Absorbtion Spectrophotometri* (AAS) pada tabel 4.1 diketahui bahwa rerata kandungan logam berat Cadmium (Cd) pada daging ikan lele (*Clarias* sp.) dengan perlakuan 1 adalah sebesar 0.03 mg/kg, perlakuan 2 sebesar 0.0432 mg/kg, dan perlakuan 3 sebesar 0.0621 mg/kg. Akumulasi yang terjadi pada ikan lele (*Clarias* sp.) masih di bawah ambang batas toleransi. Kadar maksimum dari Cadmium (Cd) yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009 adalah sebesar 0,1 mg/kg. Sehingga hal ini menimbulkan kekhawatiran terhadap gangguan kesehatan masyarakat yang mengkonsumsi hasil perikanan.

Berdasarkan hasil analisis uji Kruskal Wallis terjadi peningkatan konsentrasi. Dari data SPSS dapat dilihat pada nilai sig 0.000 < 0.05 yang berarti H0 ditolak menujukkan bahwa ada pengaruh logam berat Cadmium (Cd) pada berbagai konsentrasi terhadap kadar bioakumulasi di dalam daging ikan lele (*Clarias* sp.). Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi Cadmium (Cd) pada daging ikan lele (*Clarias* sp.) terdapat pengaruh, meskipun konsentrasi bioakumulasi sangat rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Gbem *et al*. (2001) menyatakan bahwa *C. geriepinus* dan *O. niloticus* pada konsentrasi Cadmium (Cd) yang terdapat pada daging hanya menyerap dengan kadar yang rendah. Sedangkan menurut Anggraini (2018) menyatakan bahwa rendahnya kandungan logam berat di dalam daging ada hubungannya dengan peran fisiologis dan metabolisme.

Sistem metabolisme dan fisiologis sangat rentan terhadap logam berat Cadmium (Cd). Mekanisme Cadmium (Cd) yang terserap oleh tubuh ikan lele (*Clarias* sp.) akan diikat oleh protein berat molekul rendah yang disebut thionein

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang akan membentuk kompleks protein *methallotionein* yang disintesisis dalam hati. *Methallotionein* ini kemudian akan dipindahkan ke ginjal melalui peredaran darah. Pengikatan logam yang terjadi *methallotionein* ini dipercaya sebagai mekanisme pertahanan serta perlindungan yang mencegah logam tersebut mempengaruhi protein penting dalam proses metabolisme tubuh (Prabowo, 2005).

Selain itu, waktu pemaparan yang singkat menjadi kunci rendahnya kadar logam dalam daging. Faktor ukuran, bobot ikan, dan kondisi air turut berperan dalam menentukan besarnya pengaruh bioakumulasi logam (Nurfitriani, 2017). Keberadaan Cadmium (Cd) dalam tubuh ikan dapat masuk melalui tiga proses yaitu melalui permukaan pernafasan (insang), penyerapan air ke dalam permukaan tubuh, dari makanan, dan partikel atau air yang dicerna melalui pencernaan. Kecepatan penyerapan dipengaruhi oleh faktor fisiologis dan perilaku makhluk hidup. Kecepatan penyerapan logam pada makhluk hidup sesuai dengan jumlah ketersediaan di dalam lingkungan. Keberadaan Cadmium (Cd) dalam air tidak dapat membuat ikan menghindari paparan logam tersebut. Dapat dikatakan bahwa, logam berat yang masuk ke dalam tubuh ikan akan ditransportasikan ke seluruh bagian tubuh malalui aliran darah. Meskipun ditransformasikan keseluruh tubuh, logam berat Cadmium (Cd) tidak segera terakamulasi ke dalam otot akan tetapi dengan pemaparan logam dan memakan waktu yang cukup lama, sehingga Cadmium (Cd) tersebut kemudian akan ditransformasikan ke dalam daging.

Daging tidak bersentuhan langsung dengan zat beracun yang terdapat di dalam Cadmium (Cd) karena daging tersebut sepenuhnya tertutup oleh kulit.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Daging merupakan jaringan yang paling banyak dimakan dan bukan situs aktif dalam detoksifikasi (Jayakumar, 2006). Martuti (2016) menyatakan bahwa logam berat yang masuk kedalam tubuh dan terakumulasi pada daging dengan jangka waktu yang lama akan menjadi racun. Apabila kondisi tersebut berlangsung lama dan melebihi ambang batas maka dapat membahayakan kesehatan tubuh.

Proses akumulasi logam berat yang masuk ke dalam tubuh ikan dapat melalui absorbsi logam dari air atau pakan yang terkontaminasi dengan Cadmium (Cd). Akumulasi terjadi karena logam membentuk senyawa komplek dengan zat-zat organik yang ada di dalam tubuh, sehingga gugus metallotionin (Sulfihidril-SH) dan amina (nitrogen-NH) dapat mengikat logam. Logam masuk ke dalam sel dan ikut didistribusikan oleh darah ke seluruh tubuh. Logam akan terserap secara difusi pasif melalui insang dan pencernaan (Prabowo, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian Dewi (2004) ikan yang terakumulasi oleh logam berat akan menunjukkan adanya perubahan gerakan ikan yang tidak teratur dan gerakan yang menjadi aktif. Hal ini merupakan reaksi terhadap kualitas lingkungan yang buruk dan menunjukkan bahwa pusat keseimbangan mulai terganggu. Respon ikan yang terdapat bahan pencemar dapat diketahui dengan pengujian sublethal. Efek sublethal adalah efek yang terjadi ketika konsentrasi bahan toksik tidak menyebabkan kematian (Hafiz, 2018). Kontaminasi dengan pengujian sublethal dapat menyebabkan kegagalan dalam perkembangbiakan, laju pertumbuhan, dan perubahan fisiologis.

Akumulasi yang beracun akan menimbulkan gejala stress pada ikan yaitu dimana kondisi fisiologis dapat berpengaruh oleh faktor yang merugikan, seperti

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

banyak mengeluarkan lendir di bandingkan ikan yang tidak terpapar dengan Cadmium (Cd). Selain itu, stress pada ikan dilihat dari adanya reaksi mukus yang dihasilkan oleh metabolisme sebagai sistem perlindugan. Sedankan hambatan pada pertumbuhan ikan diakibatkan oleh abnormalitas dari kinerja fungsi pembuluh darah yang mengalami keracunan logam (Hafiz, 2018).

Terdapat dua tahapan yang membahayakan pada proses bioakumulasi pada ikan yaitu patofisiologi dan patomarfologi. Dampak patofisiologi Cadmium (Cd) terhadap ikan adanya pengaruh dari tingkah laku ikan mulai dari aktivitas gerak, keseimbangan tubuh, dan perubahan warna secara morfologis (Sanjivanie, 2016). Sedangkan pada patomarfologi ikan mempengaruhi tulang sirip dan jaringan sirip luar ikan menjadi abnormal. Tulang sirip menjadi mengecil, bengkok, dan muncul benjolan dipermukaan tulang. Sehingga menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan terhambat. Menurut Hermawan (2012) marfologis tulang yang abnormal diakibatkan kurangnya suplai hormon, vitamin, dan zat makanan. Kurangnya Ca dan P dalam tulang menyebabkan pertumbuhan tulang sirip terhambat.

Dalam ajaran Islam telah diatur dalam Al-Quran Surah An Nahl (16) : 114 bahwa kita disuruh memakan makanan yang halal lagi baik sebagai berikut:

فَكُلُواْ مِمَّا رَزَقَكُمُ ٱللَّهُ حَلَٰلًا طَيِّبًا وَٱشۡكُرُواْ نِعۡمَتَ ٱللَّهِ إِن كُنتُمۡ إِيَّاهُ تَعۡبُدُونَ ١١٤

Artinya “Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezki yang telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu hanya kepada-Nya saja menyembah.”

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sebagaimana firman Allah dalam surat An Nahl (16): 114 diatas dapat dijadikan sebagai pelajaran untuk kita supaya menjaga kesehatan, terutama dalam hal makanan. Mengkonsumsi makanan tidaklah sekedar mengenyangkan tetapi perlu diketahui makanan tersebut tidak hanya halal namun juga harus baik.

## 4.2. Pertumbuhan Ikan Lele (*Clarias* sp.)

Pertumbuhan merupakan perubahan baik panjang tubuh ataupun berat badan dalam waktu tertentu. Panjang tubuh dan berat badan dapat terjadi peningkatan apabila kondisi lingkungan sesuai. Namun bila kondisi lingkungannya buruk, maka berat badan menjadi menurun. Pemberian pakan yang baik akan membuat pertumbuhan membaik (Kusumawati *et al*. 2018).

Ikan yang dilakukan pemaparan logam Cadmium (Cd) lebih sedikit mengkonsumsi pakan dibandingkan dengan ikan yang tidak terpapar logam Cadmium (Cd). Pengamatan aktivitas terhadap pergerakan ikan yang terpapar logam terlihat bahwa terjadi adanya pengurangan porsi makan yang lebih besar menjadi lebih sedikit sehingga mempengaruhi pertumbuhan (Stuard, 2010).

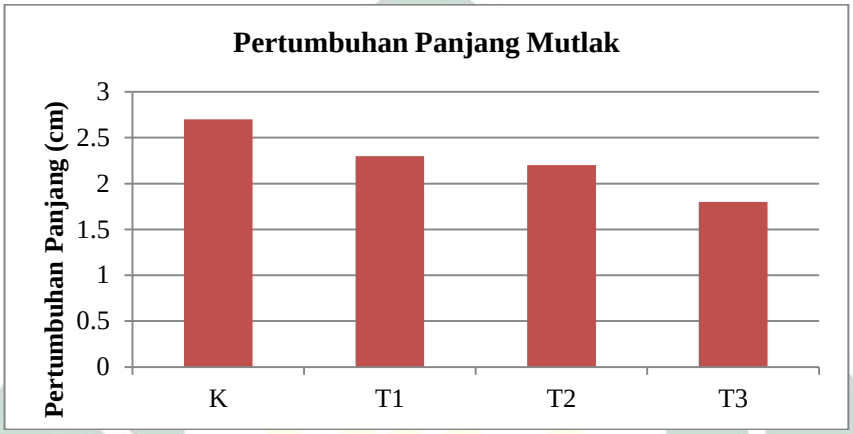
Tabel 4.2 Hasil Pertumbuhan Panjang Mutlak

| Ikan Ke | K | | T1 | | T2 | | T3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Awal | Akhir | Awal | Akhir | Awal | Akhir | Awal | Akhir |
| 1 | 20 | 23 | 20 | 22 | 21 | 23 | 20 | 22 |
| 2 | 21 | 24 | 21 | 23 | 21 | 23 | 20 | 22 |
| 3 | 20 | 22 | 22 | 25 | 21 | 23 | 22 | 24 |
| 4 | 20 | 22 | 22 | 24 | 21 | 24 | 22 | 24 |
| 5 | 20 | 22 | 22 | 25 | 22 | 24 | 23 | 24 |
| 6 | 20 | 24 | 21 | 23 | 22 | 24 | 23 | 25 |
| Rerata | 2.7 | | 2.3 | | 2.2 | | 1.83 | |

Keterangan K= Kontrol
T1= konsentrasi 0,01 mg/l
T2= konsentrasi 0,1 mg/l
T3= konsentrasi 1 mg/l

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menurut Sabbir *et al.* (2018) faktor bioakumulasi berpengaruh pada pertumbuhan ikan. Paparan Cadmium (Cd) dapat mempengaruhi pertumbuhan yang buruk dan kekurangan energi yang diakibatkan kurangnya nafsu makan yang dibutuhkan untuk metabolisme dalam menghilangkan racun. Cadmium (Cd) dapat menyebabkan perubahan fisiologis dan metabolisme yang berhubungan dengan pertumbuhan.




Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Panjang Mutlak
Sumber data pribadi (2019)

Efek penghambatan Cadmium (Cd) pada ikan berdampak terhadap kemampuan asupan makanan. Penurunan tingkat pertumbuhan dapat membatasi kelangsungan hidup hingga mempengaruhi kemampuan berenang pada ikan (Heydarnejad, 2013). Ikan yang terpapar Cadmium (Cd) menunjukkan adanya perubahan seperti pada pertumbuhan ikan, yang dipengaruh oleh penghancuran sel darah merah dan penghambatan produksi eritrosit karena hemisintesis yang dipengaruhi polutan. Penurunan sel darah merah dikaitkan dengan hematopatologi atau hemolitik akut yang menyebabkan anemia pada vertebrata terutama pada spesies ikan yang terpapar logam berat sehingga dapat menurunkan sel darah merah. Hal ini dapat mengakibatkan ikan tersebut mengalami penurunan pertumbuhan dan kurangnya nafsu makan (Heydarnejad

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

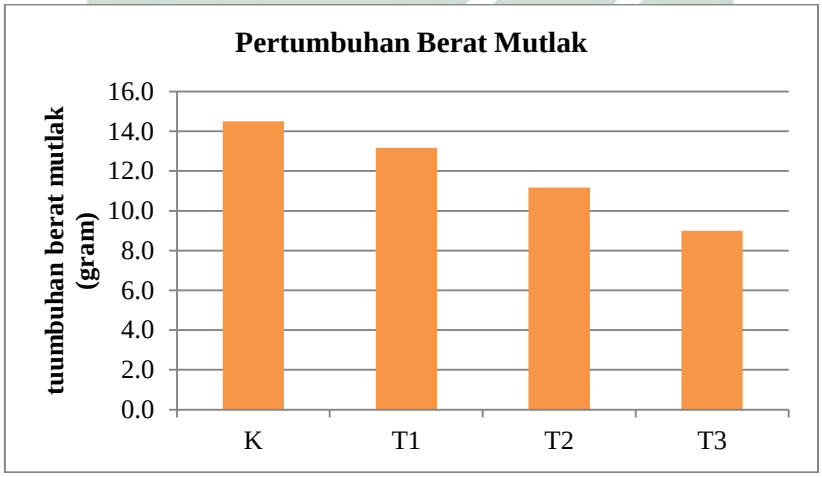
*et al*. 2013). Selain itu, Purvanesmari (2007) menyatakan bahwa penurunan sel darah merah dapat menyebabkan neurotoksik serta dapat menghambat penyerapan nutrisi pada usus seperti asam amino.

Tabel 4.3 Hasil Berat Badan Mutlak

| | K | | T1 | | T2 | | T3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ikan Ke | Berat Awal | Berat Akhir | Berat Awal | Berat Akhir | Berat Awal | Berat Akhir | Berat Awal | Berat Akhir |
| 1 | 79 | 94 | 93 | 106 | 89 | 99 | 101 | 110 |
| 2 | 79 | 95 | 94 | 108 | 86 | 98 | 101 | 111 |
| 3 | 73 | 87 | 98 | 111 | 81 | 91 | 100 | 109 |
| 4 | 68 | 80 | 96 | 110 | 82 | 95 | 105 | 114 |
| 5 | 73 | 89 | 98 | 112 | 83 | 94 | 102 | 111 |
| 6 | 68 | 82 | 91 | 102 | 85 | 96 | 107 | 115 |
| Rerata | 14.5 | | 13.2 | | 11.2 | | 9 | |

Keterangan: K = Kontrol
T1= konsentrasi 0,01 mg/l
T2= konsentrasi 0,1 mg/l
T3= konsentrasi 1 mg/l

Selain berupa tabel di atas (Tabel 4.3) pertumbuhan berat mutlak dinyatakan dalam grafik seperti yang terlihat pada gambar 4.2 di bawah ini:




Gambar 4.2 Grafik Berat Mutlak
Sumber data pribadi (2019)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil penelitian yang disajikan dalam gambar 4.2 menunjukkan bahwa ikan yang dipapar Cadmium (Cd) pada perlakuan T3 memiliki pertumbuhan berat yang mutlak lebih rendah bila dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan T2, dan T3. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa kelompok kontrol memiliki pertumbuhan berat mutlak dengan rerata 14.5 gram sedangkan kelompok perlakuan T1,T2,T3 secara berturut-turut yaitu sebesar 13,2 gr, 11,2 gr, dan 9 gr. Hal tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan berat mutlak pada ikan lele (*Clarias* sp.) tergantung pada dosis paparan Cadmium (Cd), dengan pola pengaruh yang nilainya berbanding terbalik yaitu semakin tinggi dosis paparan Cadmium (Cd) maka semakin rendah pertumbuhan berat mutlak ikan lele (*Clarias* sp.) dan begitu pula sebaliknya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Heydarnejad *et al*. (2013) yang mendapati penurunan lebih besar pada *total weght gain* dan *specific growth rate* pada *Oncorhyncus mykiss* yang dipapar Cadmium (Cd) pada dosis tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol dan kelompok dosis paparan lebih rendah.

**4.3. Tingkat Kelangsungan Hidup (100) atau Survival Rate (SR)**

Gambar 4.3 Grafik Hasil Tingkat Kelangsungan Hidup (%)
Sumber pribadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kelangsungan hidup adalah perbandingan antara jumlah organisme yang hidup pada awal hingga akhir penelitian. Kelangsungan hidup digunakan untuk mengetahui toleransi dan kemampuan ikan yang hidup (Aquarista *et al.* 2012). Menurut Fajar (1988) Hasil presentase kelangsungan hidup ikan lele pada perlakuan kontrol sampai T3 didapatkan 100%. Diduga karena ikan dapat memanfaatkan pakan untuk bertahan hidup. Pengujian sublethal memberikan efek hematologis dan neurologis. Neurologis dapat mengganggu perilaku, penggelapan pada Caudal (ekor hitam), dan kelengkungan tulang belakang. Paparan yang tinggi dapat menyebabkan kematian sel darah merah dan menghambat *erythrocyte d amino levulinic* sedangkan pada paparan yang rendah berpengaruh terhadap anemia (Hollis *et al*. 1999).

Pada dasarnya, ikan atau biota-biota air mempunyai kemampuan homeostasis yang baik. Sehingga tubuh ikan yang terpapar dengan logam berat seperti Cadmium (Cd) akan berupaya untuk mengeliminir logam berat tersebut melalui proses ekskresi yaitu melalui ginjal berupa urin dan insang, serta melalui alat pencernaan berupa feses/tinja (Riani, 2012).

### 4.4. Prosedur Penelitian yang Diukur

Kondisi air untuk pemeliharaan ikan lele (*Clarias* sp.) dapat diukur melalui parameter fisika dan kimia diantaranya adalah DO, Suhu, dan pH. Data kualitas air secara keseluruhan memiliki p *value* > 0,005 yang artinya HO ditolak sehingga data kualitas air menunjukkan tidak ada perbedaan pengaruh Cadmium (Cd).

Berdasarkan tabel dapat diketahui bahwa melalui uji normalitas DO, pH, dan Suhu normal karena P value > 0.05 selanjutnya dilakukan uji

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

homogenitas, maka data DO, pH, dan Suhu semuanya homogen. Sehingga data dapat dilakukan uji One Way Anova dengan hasil tidak ada perbedaan.

Tabel 4.4 Perbandingan Kondisi Optimum Pertumbuhan Ikan yang Diuji

| Parameter | Kondisi Optimum Ikan Lele (*Clarias* sp.) | (Terpenuhi /Tidak Terpenuhi) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Menurut Sarmada *et al*. (2016) | K | | T1 | | T2 | | TT3 | |
| DO | Maksimal 3 mg/kg | 3-6 | ↗ | 4 | ↗ | 3 | ↗ | 3 | ↗ |
| pH | 6,5-9 | 7-8 | ↗ | 7 | ↗ | 7 | ↗ | 7 | ↗ |
| Suhu | 25-28 $^{O}$C | 25-28 | ↗ | 28 | ↗ | 28 | ↗ | 28 | ↗ |

Keterangan : ↗ = Terpenuhi

Pengujian kualitas air digunakan untuk mendukung hasil penelitian akumulasi pada daging ikan lele (*Clarias* sp.) dari faktor lingkungan yang ada diusahakan sesuai dengan baku mutu faktor lingkungan organisme perairan. Semakin lama waktu pemaparan maka akan mempengaruhi kualitas air sehingga menyebabkan penurunan pada hasil DO, pH dan suhu (Prabowo, 2005)

Oksigen terlarut dapat dijadikan sebagai tanda pencemaran logam berat. Semakin besar kadar oksigen yang terlarut maka derajat keasaman relatif kecil. Oksigen terlarut adalah kebutuhan dasar untuk kehidupan yang ada diperairan. Kehidupan makhluk hidup untuk mempertahankan konsentrasi oksigen minimal yang dibutuhkan untuk kehidupannya (Mahalina, 2016). Menurut Stickney (2005) konsentrasi oksigen yang baik untuk ikan lele tidak boleh kurang dari 3 mg/kg.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan hasil dari pH meter sekitar 7-8, besarnya derajat keasaman pada penelitian sangat mendukung kehidupan ikan lele (*Clarias* sp.). Pernyataan yang diungkapkan Batu *et al*. (2017) pH yang sesuai untuk pemeliharaan ikan lele adalah 6,5-8. Hal ini karena sangat mendukung populasi ikan yang ada di aquarium. Ikan sangat berpengaruh terhadap pH yang tinggi atau rendah. pH yang tinggi dapat menyebabkan kematian pada ikan (Okareh, 2015). Namun pada ikan lele (*Clarias* sp.) terdapat alat pernafasan tambahan (*accessory breathing organ*) berupa kulit tipis menyerupai spons. Alat pernafasan tambahan dapat membantu ikan lele (*Clarias* sp) untuk memenfaatkan oksigen yang ada di udara secara langsung.

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap suhu, maka diperoleh sebesar 25-29 $^{o}$C. Suhu memiliki peran penting terhadap pertumbuhan dan metabolisme pada tubuh ikan. Hal yang sama yang dinyatakan oleh Prabowo (2016), yaitu kondisi air yang optimal bagi pertumbuhan ikan adalah 25-30 $^{o}$C. Umumnya suhu dapat meningkat dan menurun akibat daya tahan tubuh ikan mengalami keracunan. Suhu memiliki pengaruh yang tinggi terhadap kelarutan oksigen didalam perairan. Naiknya suhu pada air berpengaruh terhadap peningkatan kandungan logam berat pada ikan.

Anggitasari *et al*. (2019) menyatakan bahwa suhu yang baik pada perairan sekitar 25-27 $^{o}$C, sedangkan nilai DO 6-8 mg/kg. Kelarutan oksigen minimum dapat menyebabkan toksisitas bagi kehidupan hidup. Sedangkan nilai pH sebesar 7 menunjukkan pH yang baik untuk pemeliharaan ikan lele (*Clarias* sp.).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kualitas air yang digunakan akan mempengaruhi terjadinya bioakumulasi, sehingga perbedaan kualitas air harus ditiadakan karena kualitas air yang digunakan merupakan variabel kontrol yang harus dikontrol dalam kondisi yang sama persis pada semua unit percobaan kecuali pada variabel manipulasi yang dalam hal ini adalah konsentrasi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

# BAB V
# PENUTUP

## 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat Cadmium (Cd) dalam daging ikan lele (*Clarias* sp.) pada semua perlakuan mengalami akumulasi, namun masih di bawah ambang batas toleransi. Kadar rerata akumulasi berturut-turut dari K (kontrol) tidak terdeteksi, dan perlakuan (T1 sebanyak 0.03 mg/kg; T2 sebesar 0.0432 mg/kg; dan T3 sebesar 0.0621 mg/kg). Kadar maksimum logam berat Menurut WHO, FAO, dan SNI 7387:2009 adalah 0,1 mg/kg.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka, saran yang dapat disampaikan adalah:

a. Perlu dilakukan penelitian menggunakan sampel ikan yang berbeda jenisnya agar dapat diketahui kandungan logam berat Cadmium (Cd) dapat mengakumulasi jenis ikan yang lain.
b. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan kombinasi pemaparan dengan jangka waktu yang panjang sekitar 90 hari.



digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

## DAFTAR PUSTAKA


Abedi, Z., Hasantabar, F., Khalesi, M. K & Babaei, S. 2013. Effect of Sublethal Concentration of Cadmium, Lead and Chromium on Some Enzymatic Activities of *Cammon carp; Cyprinus carpio*. *Word Journal of Zoology* 8 (1): 98-105.ISSN 1817-3098.

Agung, A., Saputra, A., Sandra, A., Asman, A., Janur, F., Rosti,F. P., Pakaya, F., Aprilia, L.S., Ibrahim, L., Khoiron, M. 2016. *Teknik Pembenihan Lele sangkuriang (Clarias geriepinus*). Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta.

Anggitasari, T., Suprapto, H., Nindarwi, D. 2019. Change In Two Histopastological Liver (*Mystus nigriceps*) Accumulated With Heavy Metal Cadmium (Cd) in Ketingan Estuary Sidoarjo Easy Java Indonesia. *The it International Conference and Maritim Science. Iop Conf And Environmental Sciens* 236.

Aji, C., Makid, M., Yasin, H., 2014. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Semarang Tahun 2011 mengunakanan *Geographically Weighted Logistic Regression*. *Journal Gausin*, Volume 3 Nomer 2 Halaman 161-171.ISSN:2339-2541.

Akbar, J. 2016. *Pengantar Ilmu Perikanan dan Kelautan (Budi Daya Perairan*). Lambung Magkurat University Press. Banjarmasin.

Aksu, Z. 2002. Equilibrium and Kinetic Modeling of Cadmium (II) Biosorption by *C. vulgaris* in Batch System. *Purify Technol.* 21(1): 285-294.

Anggriana, Dwi. 2011. Analisis Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Air Sumur di Kawasan PT. Kimia dengan Metode *Spektrofotometri Serapan Atom* (SSA). *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Annabi, A., Said, K., Messaoudi, I. 2013. Cadmium: Bioaccumulasi, Histopastology and Detoxifying Mechanisms in Fish. *American Journal of Research Communication* Vol 1 (4).

AOAC. 2006. Lead, Cadmium, Coopper, Iron, and Zinc in Food by *Atomic Absorption Spectrophotometry* after Dry Ashing. *Journal of AOAC International*. 9(1): 1-9.

Apdy, A. 2016. Kadar Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Seng (Zn) pada Tanah Disekitar Rumah Susun Pantai Losari Kota Makassar. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Allauddin Makassar.

Arimardewi, M., Restu, I. W., Saraswati, S. A. 2018. Studi Pendahuluan Kadar Timbal dan Cadmium dalam Air dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*,




digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Linn) sebagai Kajian Kualitas Air Dibendungan Telaga Tunjungan Bali. *Jurnal Metamorfosa* V(1):85-93.

Asri,Y., Padusung., Abiding, Z. 2012. Pengaruh Metode Aklmatisasi Salinitas terhadap Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila (*Oreochromis* sp.). *Jurnal Perikanan Unram*, Volume 1, No 1.

Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. 2017. *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republic Indonesia Nomor 23 Tentang Batas Maksimum Logam Berat Pada Pangan*. Jakarta (ID): Badan POM RI.

Bakhri, S. N. 2017. Kandungan Logam Berat Timbal dan Cadmium (Cd) pada Organ Kulit, Daging dan Hati Ikan Laying (*Decapterus russelli*) di Perairan Pantai Losari Kota Makassar. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.

Boyd, C. 1990. *Water In Ponds For Aquaculture*. Birmingham Publishing Company: Alabama.

Bratajaya, I. 2015. Pengaruh Tingkat Pengenceran Injek Intra Veraceftriaxone terhadap Kejadian Phlebitis di Ruang Perawatan terhadap Rumah Sakit Umum Kaliwates Kabupaten Jember. *Skripsi*. Progam Studi Ilmu Perawatan Universitas Jember.

Budiasih, K. 2009. Studi Bioanorganik: Mineral Runutan dalam Metabolisme Tubuh. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

Budiman, B. T. P., Dhahiyat, Y., Hamddani, H. 2012. Bioakumulasi Logam Berat Pb (Timbal) dan Cadmium (Cd) pada Daging Ikan yang Tertangkap Disungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan.* ISSN: 2088-3137. Vol 3 No 4 Hal 261-270.

Budiman, B. T. P., Dhahiyat,Y., Hamdani, H. 2012. Bioakumulasi Logam Berat Pb (Timbal) dan Cd (Cadmium) pada Daging Ikan yang Tertangkap Disungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* ISSN: 2088-3137.

Cahyani, N., Batu, D., Sulistianto. 2016. Kandungan Logam Berat Pb, Hg, Cd dan Cu pada Daging Ikan Rejung (*Sillago sihama*) Diestuari Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tenggah. *JPHPI* Volume 19 Nomer 3.

Chandrasekera, I., Pathiratne, A and Pathiratne. 2008. Efeect of Water Borne Cadmium on Biomarker Enzymes and Metallothioneins in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus. J,Nant Sci.Foundation Srii Lank*a 36:315-322.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Chem, J. Pharm. 2010. Studies on Biosorption of Cadmium on Psidium Guajava Leaves Powder Using Statistical Experimental Design. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2 (5): 29-44.

Cholilulloh, M. Syauqy, D., Tibyani. 2018. Implementasi Metode Fuzzy pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Computer*. Vol 2, No5 Hal 1813-`822.

Cholilulloh, M., Syauqy, D., Tibyani. 2018. Implentasi Metode Fuzzy pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele berdasarkan Suhu dan Kekeruhan. *Jurnal Perkembangan Teknologi Informasi dan Compute*r. Vol 2 No 5 Hal 1813-1822.

Chronopoulos, J., Haidouti, C., Chronopoulou, A. & Massas, I. 1997. Variation in Plant and Soil Lead and Cadmium Content in Urban Parks in Athens, Greece. *Sci Total Environ.* 196(1): 91-98.

Citra, F., Yulianti. K., Baehaki, A. 2015. Analisis Mutu Ikan Lele (*Clarias batrachus*) Asap Produksi Rakyat dijalan Lintas Musi II Desa Keramasan, Kertapati, Palembang. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*.ISSN: 2302-6936. Vol 4 No 1: 9-15.

Darmayanti., Raharjo, E., Farida. 2018. Sistem Resirkulasi menggunakan Kombinasi Filter yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Jerawat (*Leptobarbus hoeveni*). *Jurnal Ruaya* Vol 6 No 2 ISSN 2541-3155.

Darseno, S. 2010. *Buku Pintar Budi Daya dan Bisnis Lele*. PT Agromedia Pustaka, Jakarta.

Dewantoro, G. 2001. Fekunditas dan Produksi Larva pada Ikan Cupang (Betta Splendens Regan) yang Berbeda Umur dan Pakan Alaminya. Fakultas Biologi, Universitas Nasional Jakarta. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, L. (2): 49 – 52.

Dewi, R. 2012. Penyisihan Cadmium dalam Air dengan menggunakan Adsorben Batang Jerami. *Jurnal Teknologi.*

Dwiyanto., B. 2014. Wirausaha Kelompok Usasha Budidaya Pembesaran Lele. *Jurnal Maksipreneur*, Vol. IV, No. 1 Hal 4-21.

Elpawati., Pratiwi, D., Radiastuti, N. 2015. Aplikasi Effective Microorganism 10 (E$M_{10}$) untuk Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias geriepinus var. Sangkuriang*) Dikolam Budidaya Lele Jombang, Tanggerang. *Jurnal Biologi* Volume 8 Nomor 1.

Ending, R., Rozak, A. 2007. Pemantau Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*, Vol. 11, No.1:28-36.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Fairdaus, R., Sitorous, S. 2017. Perbandingan Metode Destruksi Wet Digester dengan Muffle Furnace pada Penentuan Kadar P$b^{2+}$(Timbal) dalam Rambut. *Prosding Seminar Nasional Kimia*. ISBN 978-602-50942-0-0.

Fan, Y., Zhu, T., Li, M., He, J. & Huang, R. 2017. Heavy Metal Contamination in Soil and Brown Rice and Human Health Risk Assessment Near Three Mining Areas in Central China. *Journal of Healthcare Engineering*.

Fernanda, Lidya. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) Dan Cadmium (Cd) pada Kerang Hijau (Perna Viridis) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Lau. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Kimia Depok.

Hafiluddin., Zainuri, M., Wahyudi, S., 2012. Analisis Kandungan Gizi dan Logam Berat Ikan Belanak (*Magil* sp.*)* Disekitar di Perairan Socah. Volume 5 No2. ISSN: 1907-9931.

Hafiludin. 2011. Karakteristik Promaksimal dan Kandungan Senyawa Kimia Daging Merah Ikan Tongkol (*Euthnnus Affinis*). *Jurnal Kalautan* Volume 4 No1 ISSN 1907-9931.

Hakim, A., 2016. Bioakumulasi Logam Berat Cadmium pada Udang Windu (*Penaeus monodon*) Ditambak Tradisional Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya.

Hermawan, A., Iskandar & Subhan, U. 2012. Pengaruh Padat Tebar terhadap Kelangsungan Hidup Pertumbuhan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus* Burch.) di Kolam Kali Menir Indramayu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(3): 85-93.

Hutagalung, H. 1984.Logam Berat dalam Lingkungan Laut.*Oseana*,Volume Ix, Nomor 1:11-20.

Istarani, F., Ellina,S., Pandabesie.2014.Studi Dampak Arsen (As) dan Cadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan.*Jurnal Teknik POMITS* Vol 3 No,1.ISSN 2337-3539.

Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalangan, N., Mathew, B. & Beeregowda, K. N. 2014. Toxicity, Mechanism and Health Effects of Some Heavy Metals. *Interdiciplinary Toxicology*. 7(2): 60-72.

Jalius, S. 2008. Clinical Implication of Pathophysiologic Changes in the Medlife Hypertensive Patiens. *Journal American Heart*, 122: 886-891.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Jayakumar, P., Paul, V. 2006. Patterns of Cadmium Accumulation in Selected Tissued of the Catfish *Clarias batrachus* (Linn) Exposed to Sublethal Consentration of Cadmium Chloride. Veterinarski Arhiv 76(2),167-177.

Kasmawati. 2014. Makanan Halal dan Tayyib Perspektif Al-Quran. *Skripsi*. Fakultas Ushuluddin Filsafat dan Politik UIN Alauddin Makassar.

Kozak, E. D., Socha, M., Gosiewski, G., Trojnar, E. L., Chyb, J., Popek, W. 2018. Protective Effect of Melatonin on Cadmium Induced Changes in Some Maturation and Reproductive Parameters of Female Prussion Carp (*Carassius gibelio b*.). Environmental Science and Polluction Resert. *Http: Doi.Org/1.1007/S11356-018-1308-8.*

Kristianingrum, S. 2012. Kajian Berbagai proses Destruksi Sampel dan Efeknya. *Prosding Seminar Penelitian, Pendididkan dan Penerapan MIPA Fakultas MIPA,* Universitas Negri Jogyakarta.

Kumar, M., Kumar, D., Kumar, R., 2017. Sublethal Effects of Cadmium and Copper on the Blood Characteristics of Catfish *Clarias batrachus* (Linn.). *Internasional Journal of Advanced Research in Biological Sciences* Volume 4,Issue 1. ISNN: 2348-8069.

Kusumawati, A., Suprapto, D., Haeruddin. 2018. Pengaruh Ekoenzin terhadap Kualitas Air dalam Pembesaran Ikan Lele (*Clarias geriepinus*). *Journal of Maquares* Vol 7 Nomer 4 Halaman 3.

Lestari., F.W. 2015. Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Teripang Terung (*Phyllophorus sp.)* Asal Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Linnaeus, C. 1758. *Systema Naturae Per Regna Tria Naturae, Secundum Classes, Ordines, Genera, Species, Cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis*. Tomus I. Editio Decima, Reformata. Homiae: Laurentii Salvii.

Lumentut, H., dan Hartati, S. 2015. Sistem Pendukung untuk Memilih Budidaya Ikan Air Tawar Menggunakan AF-TROPSIS. *IJCCS*, Vol. 9 No 2 PP. 197-206. ISSN:1978-1520.

Madinawati., Serdiati, N., Yoel. 2011. Pemberian Pakan Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Lele Dumbo (*Clarias geriepinus*). *Media Litbang Sulteng IV*(2):83-87. ISSN:1979-5971.

Malekpouri, P., Mostaghie, A., Hosseini, R., dan Ebrahimi, E. 2011. Short and Long Effects of Waterborne Cadmium on Growth and Its Muscle Accumulation in Common Carp Fish (*Cyprinus carpio*), in Experimental Study. *Turkis Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 587-593 ISSN 1303-2712.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Mardhiana,Y., Buwono, I., Andriani,Y., dan Iskandar. 2017. Suplemen Probiotik Komersial pada Pakan Buatan untuk Industri Partumbuhan Ikan Lele Sankuriang (*Clarias geriepinus*).*Jurnal Perikanan dan Kelautan* Vol. VII No 2.

Martuti, N. 2012. Kandungan Logam Berat Cu dalam Ikan Bendeng Studi Kasus di Tambak Wilatah Tapak Semarang. *Prosding Seminar Pengelolahan Sumberdaya Alam dan Lingkungan.*

Mo, N. 2016. The Effects of Bioaccumulation of Heavy Metals on Fish Fin Over Two Years. *Journal of Fisheries Livestock Production* 4:2.

Mohsenzadeh, F. & Shahrokhi, F. 2014. Biological Removing of Cadmium from Contaminated Media by Fungal Biomass of *Trichoderma* Species. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 12(102): 1-7.

Muarif. 2011. Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Lele Dumbo (*Clarias* sp.) pada System Resirkulasi dengan Kepadatan berbeda. *Jurnal Pertanian*. ISSN 2087-4936 2(1): 36-47.

Nan, G., Peifang, W., Chao, W., Jun, H., Jin, Q. & Lingzhan, M. (2016). Mechanism of Cadmium Accumulation (Adsobption and Absorption) by Freshwater Bivalve *Corbicula fluminea* under Hydrodynamic Conditions. *Environmental Pollution.* 212(1): 550-558.

Nasir, M., Khalil, M. 2016. Pengaruh Penggunaan beberapa Jenis Filter Alami terhadap Pertumbuhan, Salinitas, dan Kualitas Air dalam Pemeliharaan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Acta Aquatica* 3:1: 33-39. ISSN 2406-9825.

Nilasari, E., Faizal, M. & Suheryanto. 2016. Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan menggunakan proses Gabungan Saringan Bertingkat dan Bioremediasi Enceng Gondok (*Eischornia crassipes*): Studi Kasus di Perumahan Griya Mitra 2, Palembang. *Jurnal Penelitian Sains MIPA UNSRI*. 18(1): 18102-18108.

Noriyanti, T. 2012. Analisis Kalsium, Cadmium dan Timbal pada Susu Sapi secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universita Indonesia, Depok.

Nurfitriani, Suci. 2017. Bioakumulasi Logam Berat Timbel (Pb) pada Ikan Nila *(Oreochromis niloticus* Linn.) di Tambak Sekitar Muara Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep). *Skripsi*. Makkasar. Universitas Hasanuddin.

Nurkhayati, Farida. 2007. Pengaruh Limbah Batik Terhadap Akumulasi Logam Cadmium Dan Timbal pada Daging Ikan Lele (*Clarias batrachus*). *Skipsi*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendididkan Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Nwani, C., Nwoye, V., Afiukwa, J. N., and Eyo, J. E. 2009. *Assesment of Heavy Metals Concentratin in the Tissues (Gills and Muscles) of Six Commercially Important Fresh Water Fish Species of Anambra River South-Eash Nigeria*. Asian Jr.of Mikrobiol Bioteh Env.Sc.Vol 11,No 1,7-12.

Ochiai, E. 1977. *Bioinorganic Chemistry*: An Introduction. Baston: Allyn and Bacon.

Pamungkas, M. A. B. 2018. Pengaruh Suhu, Asam, dan Penambahan Konsentrasi Garam Berbeda terhadap Profil Asam Lemak Daging Ikan Lele (*Clarias* Sp.) yang Terinfeksi Aeromonas Hydrophila. *Skripsi*. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Panggabean., T., Suswati, A., dan Yulisman. 2016. Kualitas Air, Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Nila yang Diberi Pupuk Hayati Cair pada Air Media Pemeliharaan. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 4(1), 67-79 ISSN, 2303-2960.

Pasaribu, C., Sarifuddin & Marbun, P. 2017. Kandungan Logam Berat Pb pada Kol dan Tomat di Beberapa Kecamatan Kabupaten Kare. *Jurnal Agroekoteknologi*. 5(2): 355-361.

Peraturan Pemerintah RI Nomer 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.

Prabowo, R., Purwanto., Sunoko, H., 2012. Akumulasi Cadmium (Cd) pada Ikan Nilem Sebagai Indicator Pencemaran Logam Berat Dikaligarang. *Jurnal Ilmu Pertanian Mediagro* Vol 8. No 2: Hal 1-7.

Prabowo, Rossi. 2005. *Akumulasi Kadmium pada Ikan Bandeng*. Staf Pengajar Fakultas Pertanian Universitas Wahid Hasyim. Vol. 1 NO. 2, HAL: 58-74.

Prastyo, D., Herawati, T., Iskandar. 2016. Bioakumulasi Logam Kromium (Cr) pada Insang, Hati, dan Daging Ikan yang Tertangkap di Hulu Sungai Cimanuk Kabupaten Garut. *Jurnal Perikanan Kelautan* Vol VII.VII No 2.

Primaningtyas, A., Hastuti, S., Subandiyono. 2015. Performa Produksi Ikan Lele (*Clarias geriepinus*) dalam Sistem Budidaya Berbeda. *Journal of Aquaculture Management and Technology* Volume 4 Nomer 4 Halaman 51-60.

Purnamasar, I. 2016. Adsorpsi-Desorpsi Monologam dan Multilogam Ion Ni (II), Cd (II) dan Cu (II) oleh Material Biomassa Alga *Nitzschia* sp. yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dimodifikasi dengan Pelapisan Silika-Magnetik (Fe3o4). *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampunng Bandar Lampung.

Qalit, A., Fardian, Rahman, A. 2017. Rencana Bangunan Prototipe Pemantauan Kadar pH dan kontrol Suhu serta Pmberian Pakan Otomatis pada Budidaya Ikan Lele Sangkuriang Berbasis Iot. *Jurnal Online Teknik Elektro*. E-ISSN: 2252-7036.

Rahmadiani, W., Anurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Cadmium (Cd) oleh Chaetoceros Calcitrans pada Konsentrasi Sublethal. *Jurnal Sains dan Seni POMITS* Vol, 2, No 2, 23337-3520.

Rani, A., Kumar, A., Lal, A., & Pant, M. 2014. Cellular Mechanisms of Cadmium Induced Toxicity: a Review.*Internasional Journal of Environmental Health Research* Vol 24 No 4.378-399.

Rizal, A., Samantha,Y., Rachmat, A. 2016. Pembuatan Tungku Pamanas (*Muffel Furnace*) Kapasitas 1200°C. *Jurnal J-Ensitec* Vol 02 No. 02.

Rumahlatu, D., Corebima, A., Amin, M. & Rohman, F. 2014. Efek Perlakuan Logam Berat Kadmium terhadap Apoptosis melalui Aktivitas *Caspase-3* Bulu Babi *Deadema Satosum*: Aplikasi Biomonitoring Pencemaran di Perairan Laut. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 21(1): 41-49

.

Ramlah., Soekendarsi, E., Hasyin,Z & Hasan, M. 2016. Perbandingan Kandungan Gizi *Oreochromis niloticus* Asal Danau Nawang Kabupaten Gown dan Danau Universitas Hassanuddin Kota Makasar. *Journal Biologi Makassar (Bioma)* Volume 1 Nomer 1.

Rusnawati., Yusuf., and Alimuddin. 2018. Perbandingan Metode Destruksi Basah dan Destruksi Kering terhadap Analisa Logam Berat Timbal (Pb) pada Tanaman Rumput Bebek (*Lemna seminar*). *Prosding Seminar Nasional Kimia* ISBN 978 602 5094217.

Sarmada., Marlina,R., Iskandar, R. 2016. Respond Pertumbuhan Lele sangkuriang (*Clarias geriepinus*) yang Diberi Pakan Buatan Berbasis Limbah Sayuran. *Ziraa'ah*. Volume 41 Nomer 2 Halaman 156-161.

Saanin, H. 1986. *Taksonomi dan Kunci Indentifikasi Ikan* I Jakarta: Bina Cipta.

Safitri, F. 2015. Tingkat Efek Kesehatan Lingkungan Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) yang Dikonsumsi Masyarakat Kaliadem Muara Angka Jakarta Utara Tahun 2015. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. UIN Sayarif Hidayatullah Jakarta.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Santoso, B., Arfianto, A. D. 2014. Sistem Pangganti Air Berdasarkan Kekeruhan dan Pemberian Pakan Ikan pada Akuarium Air Tawar secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega 16. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi Asia*. Vol 8 No 2.

Sekewael, S. J. Latupeiriss,J. Johannes,R. 2015. Adsorption of Cd Metal using Active Carbone from Cacao Shell (*Theobroma cacao*). Ind. J. Ress, 2, 197-204.

Setiawan, Heru. 2014. Pencemaran Logam Berat Diperairan Pesisir Kota Makasar dan upaya Penanggulangannya. *Info Teknik EBONI*. Vol 11 No1:1-13.

Sihotang, R., Sitorus, S., Gunawan, R. 2017. Analisis Kadar Ion Logam Timbal ( $Pb^{2+}$) Pada Air, Ikan Patin (*Pangasius pangasius*) Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis* sp.) di Danau Bekas Galian Tambang Batubara Kecamatan Tenggarong Seberang. *Prosding Seminar Nasional Kimia FMIPA UNMUL*. ISBN 978-6-2-50942-0-0.

Singh, R., Gautam, N., Mishra, A. & Gupta, R. 2011. Heavy Metals and Living Systems: An Overview. *Indian Journal of Pharmacology*. 43(3): 246-253.

Siska, M., Salam, R.2012. Desain Eksperimen Pengaruh Zaloid terdapat Penurunan Limbah Cadmium (Cd). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol.11,No.2.I SNN 1412-6869.

Sitompul, R. M. Barus, T.A., Ilyas, S. 2013. Ikan Batak (*Neolissochillus sumatranu*) sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) di Perairan Sungao Asahan Sumatera Utara. *J.Biosains Unimed*/Vol.1/No.2.ISSN:2338-2562.

Skoog, D. A., Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch, 2000. *Fundamentals of Analytical Chemistry* .Hardcover: 992 pages, Publisher: Brooks Cole.

SNI. 2000. Produksi Induk Ikan Lele Dumbo (*C. geriepinus x C. fuscus*). Kelas Induk Pokok (Parent Stock). 01-6484-3-2000.

SNI. 2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Indonesia.

Sugianti, Y & Astute, L. 2018. Respon Oksigen Terlarut terhadap Pencemaran dan Pengaruh terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan* Volume 19 No 2.

Sugianto, A., Primarastri, N.A., Winarni, D. 2004. Pengaruh Pemberian Cadmium terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup dan Kerusakan Struktur Insang dan Hepatopangkreas pada Udang Regang (*Marobrachium sintangense* (de Man)). *Berk. Penel Hayati*:10(59-66).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Suhendra., Syahrizal, I. 2017. Teknis Pengolahan Air untuk Budidaya Lele Dikolam Terpal. *Stain Pontianak Press*. Hal 22.

Suliswati, L., Sriherwanto, C. Suji, I. 2018. Dampak Teknik Pengisian dan Pencetaan terhadap Daya Apung Pakan Ikan yang Difermentasi Menggunakan *Rhizopus sp. Jurnal Teknologi & Biosains* Indonesia Volume 5 Nomor 2 ISSN 2548-61X.

Sumar, Hendayana. 2004. *Kimia Analitik Instrument*, IKIP. Semarang.

Supriatno, Lelifajri. 2009. Analisis Logam Berat Pb dan Cd dalam Sampel Ikan dan Kerang secara Spectrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Rekayaa dan Lingkungan* Vol. 7, No.1 Hal 5-8.ISSN 1412-5064.

Swastawati, F., Surti. T., Agustini, T., Riyadi, P. H. 2013. Karakteristik Kualitas Ikan Asap yang diproses menggunakan Metode dan Jenis Ikan Berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* Vol. 2 No.3

Torowati., Asminar., Rahmiati. 2008. *Analisis Unsur Pb, Ni, dan Cu dalam Larutan Uranium Hasil Stripping Efluen Urinarium Bidang Bahan Bakar Nuklir*. ISNN 1979-2409.

Ubadillah, A., Hersoelistyorini,W. 2010. Kadar Protein dan Sifat Organoleptic Nugget Rajungan dengan Subttitisi Ikan Lele (*Clarias geriepinus*). *Jurnal Pangan dan Gizi* Vol 1 No.02.

Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengolahan Lingkungan.

Vadkertiova, R. & Slavikova, E. 2006. Metal Tolerance of Yeast Isolated from Water. *Journal of Basic Microbiology*. 46(1): 145-152.

Wang, M. & Zhou, Q. 2005. Single and Joint Toxicity of Chlorimuron-Etyl Cadmium and Chopper Acting on Wheat *Triticuma estivum*. *Ecotoxicol Environ Saf*. 60(1): 169-175.

Wang, Z., Yan, C., Kong, H. & Wu, D. 2009. *Mechanisms of Cadmium Toxicity to Various Trophic Saltwater Organisms*. in Environmental Science, Engineering and Technology Series. New York Nova Science Publishers, Inc.

Wardani, S. 2000. Pengaruh Salinitas terhadap Toksisitas Cadmium (Cd) pada Udang Regang (*Macrobrachium sintangense* (de Man)). *Skripsi*. FMIPA Unair Surabaya. Hal 12-29.

Warni, D., Karina,S., Nurfadillah,N. 2017. *Analisis* Logam Pb, Mn, Cu dan Cd pada Sedimen di Pelabuhan Jetty Melulabohaceh Barat. *Journal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah* Vol 2 No 2:246-253.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

WHO. 1992. Exposure to Cadmium a Major Public Health Concern. *Preventingdisease Through Health Environments*.Geneva: Public Health and Environment, World Health Organization.

Wulansari, F. & Ardiansyah. 2013. Pengaruh Detergen terhadap Mortalitas Benih Ikan Patin sebagai Bahan Pelajaran Kimia Lingkungan.*Edusains* Volume 1 Nomer2 ISNN 2338-4387.

Yulaipi, S., Aunurohim.2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungan dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair *(Oreochromis mossambicus). Jurnal Sains dan Senu Pomits* Vol 2:2337-3520.

Yumiarti., Mellawati, J., Suwirma, S., 1988. Studi Penyerapan Raksa Anrganik oleh Ikan Lele (*Clarias batrachus*) dalam Air menggunakan Analisis Amtivitas Neutron. *Jurnal Penelitian Pasca Panen Perikanan.*

Zahro, A.F., Saprapto.2015.Penentuan Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) dalam Nugget Ikan Gabus (*Charma striata*) Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*). *Jurnal Sains dan Seni ITS* Vol 4 No 2 2337-3520.

Zonneveld, N.1991. Prinsip-Prinsip budidaya Ikan. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id